

STUDI IMPLEMENTASI MANAJEMEN ANTRIAN WRED UNTUK MENGHINDARICONGESTION PADA LR-WPAN

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Andi Mohammad Thareq Akbar
NIM: 145150201111149



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

PENGESAHAN

STUDI IMPLEMENTASI MANAJEMEN ANTRIAN WRED UNTUK MENGHINDARI
CONGESTION PADA LR-WPAN

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Andi Mohammad Thareq Akbar

NIM: 145150201111149

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

16 November 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Primantara Hari Trishawan, M.Sc.

NIP: 19680912 199403 1 002

Reza Andria Siregar, S.T, M.Kom.

NIP : 19790621 200604 1 003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Tri Astoro Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D.

NIP : 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsurunsur plagiarasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 11 Oktober 2018



Andi Mohamniau Mareq Akbar
NIM: 145150201111149

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur kita panjatkan kepada Allah ﷻ yang telah memberikan taufiq dan hidayah kepada penulis sehingga laporan penelitian yang berjudul **“Studi Implementasi Manajemen Antrian WRED Untuk Menghindari Congestion Pada LR-WPAN”** dapat diselesaikan. Sholawat dan salam tercurahkan kepada junjungan kita, manusia terbaik yang pernah ada di muka bumi, Nabi Muhammad ﷺ beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya yang telah membimbing kita dari jalan kegelapan menuju jalan yang terang benderang.

Penyusunan laporan penelitian ini berhasil diselesaikan dengan dukungan dari berbagai pihak yang setulus hati memberikan nasihat dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. **Ayahanda Dr. Ir. Rindam Latief, M.S, Ibunda Dra. Fatwal Is Pahar, Bunda Milawati Yani Tiro S.I Kom** selaku orang tua dan juga adinda **Andi Nabila Tasya Safira dan Andi Muhammad Farid Furqan** atas segala bantuan, doa dan dukungan baik moril maupun materiil.
2. **Bapak Ir. Primantara Hari Trisnawan, M.Sc. dan Bapak Reza Andria Siregar, S.T, M.Kom**, selaku penasihat akademik, dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini.
3. **Seluruh Dosen dan Staf Akademik** Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya, terkhusus seluruh **Dosen Keminatan Komputasi Berbasis Jaringan** yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan pada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Brawijaya.
4. Sahabat terbaik **Nurul Fatimasari, S.KG** yang senantiasa menemani dari SMA meskipun terpisahkan oleh jarak. Sahabat yang senantiasa menjadi pelipur lara dan tempat berbagi cerita, dengan ikhlas selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
5. Sahabat sekaligus keluarga di Malang **Dara Daeng Brawijaya, Private Class L, FARDIN dan Kogan** yang selalu menghibur dalam suka dan duka.
6. Sahabat-sahabat **Exos Grup Tiga dan LawLess** yang senantiasa memberikan dukungan selama penulis menempuh pendidikan di Malang.
7. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah memberikan bantuan, baik moril maupun materiil sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Malang, 11 Oktober 2018

Penulis

thareqakbar11@gmail.com

ABSTRAK

Low Rate Wireless Personal Area Network (LR-WPAN) merupakan standar protokol komunikasi yang dikembangkan grup IEEE 802.15.4, fokus pengembangannya adalah menciptakan arsitektur jaringan yang menggunakan daya rendah, memiliki jangkauan luas, dan transmisi data yang reliable. Salah satu produk dari LR-WPAN adalah Zigbee. Fokus Zigbee pada pengiriman data yang reliable dapat terganggu bila terjadi *congestion* yang disebabkan padatnya aliran data di jaringan. *Congestion* tersebut dapat dihindari dengan menerapkan manajemen antrian yang tepat. Salah satu jenis manajemen antrian tersebut adalah *weighed random early detection* (WRED), kelebihan dari manajemen antrian WRED adalah mekanismenya tidak hanya fokus menghindar *congestion* tapi juga mengakomodasi jenis paket yang perlu diprioritaskan pelayanannya. Implementasi manajemen antrian WRED pada Zigbee dilakukan guna mengukur kinerja arsitektur dalam mencegah *congestion* yang pada penelitian ini disimulasikan menggunakan simulator *Riverbed Modeler*. Kinerja manajemen antrian dalam mencegah *congestion* dianalisis menggunakan parameter *global MAC delay*, *coordinator queue delay*, *coordinator throughput* dan *coordinator packet drop*. Pengujian kinerja manajemen antrian dilakukan dengan membandingkan WRED terhadap manajemen antrian *random early detection* (RED), dimana kedua manajemen antrian menggunakan mekanisme *min thresh* dan *max thresh* untuk menghindar *congestion* namun memiliki mekanisme seleksi yang berbeda. Dari hasil pengujian didapatkan dengan ukuran paket kecil dan *max thresh* kecil penggunaan WRED akan lebih optimal ditunjukkan dengan nilai parameter *throughput* yang lebih optimal 1.5%, sedangkan pada ukuran paket yang besar dan *max thresh* yang besar penggunaan RED akan lebih optimal ditunjukkan dengan nilai parameter *throughput* yang lebih optimal 0.6% dari WRED.

Kata kunci: *Low Rate WPAN*, Zigbee, *congestion*, manajemen antrian, *Random Early Detection*, *weighed random early detection*

ABSTRACT

Low Rate Wireless Personal Area Network (LR-WPAN) is a communication protocol standardized by the group of IEEE 802.15.4, the focus of its development is to create an architecture that uses low power, has wide range and reliable data transmission. One of its product is Zigbee. Zigbee focus on reliable data transmission could be disrupted if congestion happen due to the density of increased traffic data in its network. Congestion can be prevented by applying the right queue management in its buffer. One of the queue management is weighed random early detection (WRED), the advantage of using WRED is that the mechanism of the queue management not only focus on preventing the congestion but also able to accommodate the type of package that needs to be prioritized in its services. Implementation of WRED in Zigbee was carried out to measure architectural performance for avoiding congestion, which in this study implementation is simulated using Riverbed Modeler simulator. Architecture performance in terms of avoiding congestion was analyzed using parameters of throughput, queue delay, global delay and packet drop. The testing scenario was carried out by comparing WRED to the random early detection (RED) queue management, whereas both queues uses the min thresh and max thresh mechanism to handle congestion. Results of the test concluded that with smaller package size and smaller threshold the use of WRED will be more optimal shown by throughput parameter which is 1.5% better than RED, whereas with larger packet sizes and larger max thresholds the use of RED will be more optimal shown by the throughput parameter values 0.6% better than WRED.

Keywords: Low Rate WPAN, Zigbee, congestion, queue management, random early detection, weighed random early detection

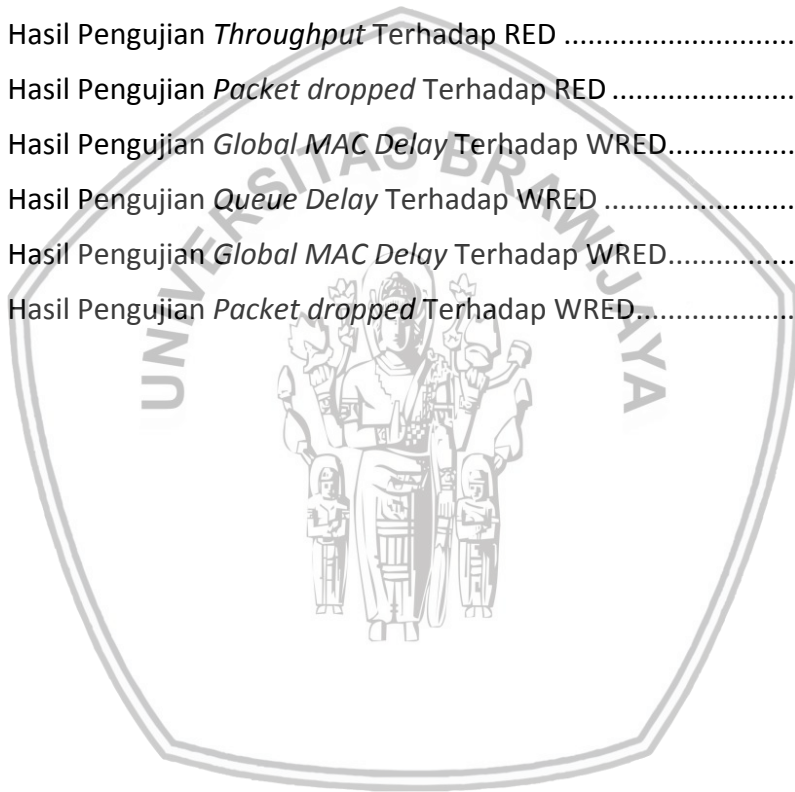
DAFTAR ISI

PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Pembahasan.....	4
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	6
2.1 Kajian Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 <i>Wireless Personal Area Network (WPAN)</i>	7
2.2.2 Zigbee	8
2.2.3 Riverbed Modeler	10
2.2.4 <i>Tree Routing</i>	10
2.2.5 <i>Queue Management</i>	10
2.2.6 <i>Quality of Service (QoS)</i>	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Studi Literatur	16
3.2 Analisis Kebutuhan	17
3.2.1 Kebutuhan Fungsional	17
3.2.2 Kebutuhan <i>Non-Fungsional</i>	17
3.3 Perancangan Simulasi	18
3.4 Implementasi Simulasi.....	19

3.5 Pengujian	19
3.6 Analisis Hasil	19
3.7 Kesimpulan dan Saran	19
BAB 4 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI	20
4.1 Perancangan	20
4.1.1 Analisis Kebutuhan.....	20
4.1.2 Alur Kerja Simulasi	21
4.1.3 Perancangan Simulasi	22
4.1.4 Perancangan Topologi.....	22
4.1.5 Perancangan <i>Random early detection</i>	23
4.1.6 Perancangan <i>Weighed Random early detection</i>	23
4.2 Implementasi Simulasi.....	24
4.2.1 Pemasangan Node, Role dan Koneksi pada Zigbee	24
4.2.2 Instalasi QoS Attribute dan Parameter QoS	27
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	31
5.1 Hasil Pengujian.....	31
5.1.1 Hasil Pengujian <i>Random early detection</i>	31
5.1.2 Hasil Pengujian <i>Weighed Random Early Detection</i>	34
5.2 Analisis Hasil.....	36
5.2.1 Analisis Hasil Pengujian.....	36
BAB 6 PENUTUP	46
6.1 Kesimpulan.....	46
6.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka	6
Tabel 2.2 Komponen Zigbee.....	9
Tabel 4.1 Parameter Simulasi	22
Tabel 4.2 Parameter Zigbee Node	24
Tabel 4.3 Parameter Manajemen Antrian Antrian	28
Tabel 5.1 Hasil Pengujian <i>Global MAC Delay</i> Terhadap RED	31
Tabel 5.2 Hasil Pengujian <i>Queue Delay</i> Terhadap RED.....	32
Tabel 5.3 Hasil Pengujian <i>Throughput</i> Terhadap RED	32
Tabel 5.4 Hasil Pengujian <i>Packet dropped</i> Terhadap RED	33
Tabel 5.5 Hasil Pengujian <i>Global MAC Delay</i> Terhadap WRED.....	34
Tabel 5.6 Hasil Pengujian <i>Queue Delay</i> Terhadap WRED	35
Tabel 5.7 Hasil Pengujian <i>Global MAC Delay</i> Terhadap WRED.....	35
Tabel 5.8 Hasil Pengujian <i>Packet dropped</i> Terhadap WRED.....	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi jangkauan dan data rate WLAN, HR dan LR WPAN.....	8
Gambar 2.2 Frekuensi LR-WPAN.....	8
Gambar 2.3 Area Pengembangan Zigbee Alliance.....	9
Gambar 2.4 Skenario Kerja <i>Random early detection</i>	11
Gambar 2.5 <i>Flowchart Random Early Detection</i>	12
Gambar 2.6 Skenario Kerja <i>Weighed Random early detection</i>	13
Gambar 2.7 <i>Flowchart Weighed Random Early Detection</i>	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian.....	16
Gambar 4.1 Perancangan Topologi.....	23
Gambar 4.2 Konfigurasi Node Koordinator Zigbee.....	25
Gambar 4.3 Konfigurasi Node Router Zigbee	26
Gambar 4.4 Konfigurasi End Node Zigbee	27
Gambar 4.5 Konfigurasi <i>Random Early Detection</i>	29
Gambar 4.6 Konfigurasi <i>Weighed Random Early Detection</i>	30
Gambar 5.1 Perbandingan MAC <i>Delay</i> 1024bits	38
Gambar 5.2 Perbandingan MAC <i>Delay</i> 512bits	39
Gambar 5.3 Perbandingan <i>Queue Delay</i> 1024bits.....	40
Gambar 5.4 Perbandingan <i>Queue Delay</i> 512bits.....	41
Gambar 5.5 Perbandingan <i>Throughput</i> 1024bits	43
Gambar 5.6 Perbandingan <i>Throughput</i> 512bits	44

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Wireless Personal Area Network (WPAN) adalah arsitektur jaringan nirkabel yang pengembangannya difokuskan pada multimedia *indoor/outdoor* jarak dekat dengan aliran data bersifat sentris/terpusat (Sargun, Sobia Maan dan Shashi, 2015). Teknologi ini distandarisi oleh grup IEEE 802.15 yang mendefinisikan standar arsitektur pada layer *physical* dan *sub-layer* MAC, salah satu produknya adalah *high data Rate* WPAN / 802.15.3 dan *low data Rate* WPAN / 802.15.4. Arah pengembangan WPAN dikhususkan pada lingkup yang lebih kecil dan personal daripada *wireless local area network* / 802.11, dengan contoh tujuan fungsional seperti mengontrol sistem lampu, otomatisasi operasi pintu, mengaktifkan pendingin ruangan dan fitur-fitur lain dari *smart home*, dengan harapan WPAN akan lebih efisien dalam penggunaan energi dan tetap menawarkan konektivitas yang mumpuni.

Merk produk yang cukup menjanjikan dalam menawarkan solusi dan memenuhi ekspektasi WPAN diatas adalah Zigbee. Produk yang dikembangkan Zigbee Alliance ini menggunakan basis protokol IEEE 802.15.4 dan mendukung penggunaan arsitektur mesh pada implementasinya, selain itu Zigbee juga didesain untuk penggunaan power yang rendah. Daya yang rendah memang membatasi jarak transmisi dari perangkat Zigbee secara *physical*, namun dengan mendukung arsitektur mesh, perangkat Zigbee dapat menyiarkan datanya lebih jauh secara *logical* (Kaoutar, Mohammed dan Bouchaib, 2014).

Jika dibandingkan dengan produk nirkabel lain seperti bluetooth, perangkat Zigbee lebih baik pada penggunaan jangka panjang (Zheng dan Lee, 2006). Arsitektur *bluetooth* juga membatasi melayani maksimal delapan buah *end device* pada satu jaringan, dibandingkan pada Zigbee jumlah *end device* hingga 65000 node. Di lain pihak jika dibandingkan dengan WiFi, penggunaan *power* pada Zigbee jauh lebih kecil daripada WiFi, yang memang arah pengembangannya adalah membangun konektivitas besar dari jaringan nirkabel ke jaringan kabel.

Beberapa alasan eksklusif pemilihan Zigbee tadi ditunjang dengan kemudahan penggunaan produk dan kemudahan mendapatkan produk di pasar, yang menunjukkan tren positif pada pertumbuhan penggunaan devicenya. Berangkat dari pertumbuhan penggunaan *device* tersebut, beberapa studi telah dilakukan untuk terus mengoptimalkan kinerja QoS dari Zigbee, seperti penelitian dari Burchfield pada 2007 untuk memaksimalkan *network throughput* jaringan Zigbee (Burchfield, Venkatesan dan Weiner, 2007). Dong dkk pada 2014 meneliti untuk mengoptimalkan *packet loss* pada jaringan *wireless sensor network* skala besar (Dong et al., 2014). Luo dkk. pada 2018 juga melakukan penelitian penanganan paket data yang dikompresi

pada jaringan berskala besar dan menjelaskan *congestion* pada arsitektur *wireless sensor network* (Luo et al., 2018).

Congestion sendiri dapat terjadi ketika permintaan terhadap *resource* lebih tinggi daripada *resource* yang tersedia (Jain, 1990). *Congestion* dapat dihindari dengan menerapkan manajemen antrian yang tepat, salah satunya dengan manajemen antrian *weighed random early detection* (WRED). Kelebihan dari WRED adalah pengembangannya tidak hanya fokus mencegah *congestion* tapi juga mengakomodasi kebutuhan paket-paket yang perlu diprioritaskan pelayanannya (Buzura et al., 2013).

Mekanisme kerja WRED dilakukan dengan menambahkan parameter *min thresh* dan *max thresh* pada buffer. Manajemen antrian dilakukan dengan melihat kondisi yang terjadi pada antrian saat paket diterima. Apabila paket datang dan antrian data pada buffer berada di bawah *min thresh* maka data akan langsung masuk antrian, jika paket datang dan antrian data pada buffer berada di antara *min thresh* dan *max thresh* maka probabilitas paket data masuk ke antrian akan diseleksi berdasarkan tingkat prioritasnya, dan apabila antrian data pada buffer berada diatas *max thresh*, maka data akan langsung di *drop*. Paket yang memiliki prioritas lebih rendah akan memiliki kemungkinan *loss* lebih tinggi karena kemungkinan *drop* nya akan lebih tinggi (Luknárová dan Medvecký, 2010).

Implementasi WRED dilakukan untuk mengukur kinerja arsitektur Zigbee dalam menghindari *congestion* guna meningkatkan QoS jaringannya. Implementasi WRED akan diterapkan pada buffer kordinator Zigbee, dimana pada penelitian ini penerapan antrian WRED disimulasikan menggunakan *network simulator* Riverbed Modeler. Pengukuran kinerja Zigbee terhadap penanganan *congestion* dengan antrian WRED dilakukan menggunakan parameter *quality of service* (QoS) *global delay*, *queue delay*, *throughput*, dan *packet drop*. Hasil pengujian WRED berikutnya dianalisis dengan dibandingkan terhadap manajemen antrian *random early detection* (RED), perbandingan WRED dan RED akan menggunakan skenario pengujian dan parameter yang sama untuk mendapatkan hasil manajemen antrian mana yang lebih optimal digunakan pada arsitektur Zigbee dalam hal penanganan *congestion*.

Dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Biddut, ia melakukan perbandingan mekanisme RED dan Droptail dalam mengatasi *congestion*, hasil yang didapatkan adalah *MAC delay*, *global MAC delay*, *coordinator queue delay* dan *coordinator queue size* lebih optimal jika menggunakan antrian RED (Biddut, Arif dan Islam, 2017) Selanjutnya, penelitian dilakukan oleh Lim L.B. dkk yang membandingkan antrian RED dan WRED pada trafik internet yang bersifat *bursty* dan komunikasi jarak panjang. Hasil yang didapatkan adalah pada RED parameter pengujian *global queue delay*, *global throughput* lebih optimal dengan *marginal loss* yang tipis. Lebih lanjut ia menambahkan Skema WRED mungkin memberikan kinerja yang lebih optimal

jika *trade-off* yang digunakan sepadan dengan upaya peningkatan QoS di objek berbeda (Lim et al., 2010).

Berdasarkan penelitian terdahulu beberapa peneliti telah membahas perbandingan antar manajemen antrian, namun *trade off* yang terjadi pada buffer belum sepadan untuk implementasi WRED yang penggunaannya diharapkan meningkatkan QoS. Berangkat dari permasalahan tersebut, penulis akan meneliti lebih lanjut dengan membandingkan kinerja manajemen antrian RED dan WRED untuk menghindar *congestion* pada Zigbee. Diharapkan setelah penelitian ini selesai, data yang dikumpulkan dapat dijadikan referensi manajemen antrian yang lebih optimal untuk implementasi pada *LowRate* WPAN.

1.2 Rumusan masalah

Penelitian ini memiliki beberapa rumusan masalah yang akan dibahas, diantaranya adalah:

1. Bagaimana penerapan manajemen antrian *Random early detection* dan *WeighedRandom early detection* pada Zigbee?
2. Bagaimana perbandingan kinerja manajemen antrian *Random early detection* dan *WeighedRandom early detection* pada Zigbee?

1.3 Tujuan

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang dapat tercapai, diantaranya:

1. Dapat melakukan simulasi penerapan manajemen antrian *Random early detection* dan *WeighedRandom early detection* pada Zigbee
2. Mengetahui perbandingan kinerja manajemen antrian *Random early detection* dan *WeighedRandom early detection* pada Zigbee

1.4 Manfaat

Penelitian ini memberikan beberapa manfaat, diantaranya sebagai berikut:

1. Dapat menambah pengetahuan serta memahami kinerja dari manajemen antrian *Random early detection* dan *WeighedRandom early detection* serta manajemen antrian dalam jaringan.
2. Dapat menambah pengetahuan bagaimana merancang dan mensimulasikan arsitektur Zigbee menggunakan simulator Riverbed modeler
3. Dapat memberikan solusi dari masalah *congestion* saat proses antrian data di layer MAC dengan menggunakan manajemen antrian yang tepat.

1.5 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, perlu dibuat suatu batasan masalah untuk menghindari meluasnya pembahasan masalah yaitu, sebagai berikut:

1. Manajemen Antrian : *random early detection* dan *weighed random early detection*
2. Perancangan, Implementasi dan Pengujian menggunakan Riverbed Modeler
3. Arsitektur rancangan : *LowRate* WPAN (Zigbee)
4. Parameter hasil : *Global MAC delay*, *coordinator queue delay*, *Zigbeecoordinatorthroughput* dan *coordinator packet drop*
5. Model topologi tree dengan kondisi posisi node tetap atau tidak bergerak

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan yang telah disusun oleh penulis ini akan dibahas pada bab-bab yang dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab satu ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian ini, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan terakhir sistematika pembahasan yang menjelaskan secara sederhana pokok bahasan yang diberikan dimasing-masing bab.

BAB II LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab dua ini menguraikan kajian pustaka beserta dasar teori mengenai Zigbee, *Random early detection*, *WeighedRandom early detection*, Riverbed Modeler dan *QoS* yang digunakan sebagai pendukung dari penelitian ini.

BAB III METODOLOGI

Pada bab tiga ini membahas tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian dari studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan simulasi, implementasi, pengujian, analisis hasil, serta kesimpulan dan saran.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab empat ini membahas tentang perancangan dan implementasi dari simulasi yang akan digunakan, bab ini akan sangat penting untuk pada bab selanjutnya.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab lima ini akan dilakukan pengujian dan analisis dari hasil pengujian yang nantinya akan menggambarkan perbandingan dari manajemen antrian yang diuji dalam sebuah angka, tabel maupun grafik.

BAB VIPENUTUP

Pada bab enam ini memuat kesimpulan dari penelitian ini serta saran yang harapannya dapat bermanfaat untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.



BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Dalam bab landasan kepastakaan ini akan dibahas tentang kajian pustaka beserta dasar teori yang mendukung dan menjadi acuan dalam penelitian. Kajian pustaka akan membahas tentang analisis penelitian perbandingan yang sudah ada, sedangkan dasar teori membahas tentang teori-teori yang dibutuhkan untuk membantu penyusunan penelitian

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka digunakan untuk perbandingan analisa terkait penelitian yang sudah dilakukan dengan penelitian yang akan dilakukan. Dalam penelitian ini ada beberapa jurnal atau skripsi yang digunakan untuk melakukan perbandingan tersebut. Perbandingan tersebut disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No	Judul Jurnal	Persamaan	Perbedaan	
			Penelitian Terdahulu	Rencana Penelitian
1	Biddut, Arif dan Islam, 2017. <i>Queue Management of RED Enabled Zigbee Network Based on Packet Size Variations and Distribution Techniques.</i>	Melakukan analisis RED dan implementasinya terhadap <i>LowRate</i> WPAN.	Analisis perbandingan dilakukan dengan menguji kinerja RED terhadap mekanisme <i>Droptail</i> .	Melakukan analisis perbandingan kinerja manajemen antrian RED dan WRED pada Zigbee kordinator dengan parameter <i>global MAC delay, Coordinator queue delay, coordinator throughput, coordinator packet drop.</i>
2	Buzura et al., 2013. <i>Simulations Framework for Network Congestion Avoidance Algorithms using the OMNeT++ IDE</i>	Membandingkan dua manajemen antrian antrian berbeda, WRED dan <i>Improved WRED</i> .	Implementasi manajemen antrian WRED dilakukan dengan membedakan jenis <i>service</i> paket.	

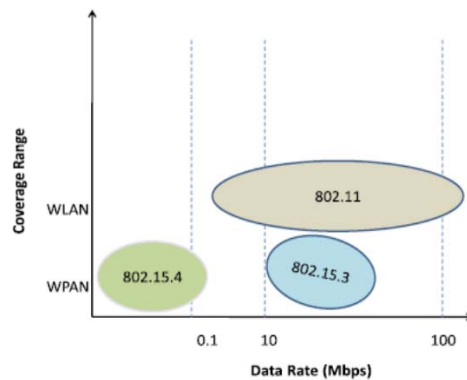
3	Lim et al., 2010. <i>RED and WRED Performance Analysis Based on Superposition of N MMBP Arrival Process.</i>	Membandingkan kinerja manajemen antrian RED dan WRED.	Implementasi dilakukan pada trafik Internet yang bersifat <i>burst</i> dan komunikasi jarak panjang.	
4	Alkharasani et al., 2017. <i>An Improved Quality-of-Service Performance Using RED's Active Queue Management Flow Control in Classifying Networks.</i>	Membandingkan kinerja RED, WRED dan ARED dalam meningkatkan QoS	Perbandingan dilakukan pada fokus jenis varian TCP dan UDP.	

2.2 Dasar Teori

Dasar teori digunakan untuk mendukung penelitian tentang analisis kinerja. Beberapa teori untuk mendukung penelitian ini, diantaranya adalah sebagai berikut:

2.2.1 Wireless Personal Area Network (WPAN)

Wireless Personal Area Network adalah arsitektur jaringan yang difokuskan untuk transmisi jarak pendek. Fitur utama yang ditanamkan adalah daya rendah pada node, instalasi yang mudah, transfer data reliable dan struktur protkol yang tidak rumit. WPAN terdiri atas beberapa node yang berkomunikasi secara nirkabel dan minimal salah satu diantara node tersebut diharuskan dapat menjadi kordinator. Kordinator tersebut menginisiasi pembuatan WPAN dan mengatur resource yang *free collision* pada komunikasi antar node (Chen et al., 2009). Standarisasi terhadap WPAN sudah banyak dilakukan seperti Bluetooth, 6LowPan, Highrate dan Lowrate WPAN. Sekarang ini kebutuhan dan evolusi terhadap standar HR dan LR WPAN secara ekstensif dipelajari guna mengevaluasi kinerja sublayer protocol MAC melalui beberapa pendekatan untuk mengoptimalkan kinerjanya.



Gambar 2.1 Ilustrasi jangkauan dan data rate WLAN, HR dan LR WPAN

Sumber : (Sargun, Sobia Maan dan Shashi, 2015)

Gambar 2.1 mengilustrasikan perbandingan jangkauan area dan besaran data rate yang ada di WPAN dan WLAN. Perbedaan trafik dan jangkauan area ini membedakan fungsi pada implementasinya, yang memberikan pendekatan berbeda dalam penanganan masalahnya.

2.2.1.1 Low Rate WPAN

Low Rate WPAN distandarisasi pada IEEE 802.15.4 yang mendefinisikan *physical* layer dan *datalink* layer khususnya *sub-layer* MAC. Standarisasi *service* yang membedakan *high rate* dan *low rate* WPAN pada layer PHY menyangkut *Energy Detection*, *Link Quality Indication*, *Clear Channel Assessment* sedangkan standarisasi *service* pada layer MAC menyangkut jenis *Header Fields*, *Maximum MAC Frame Size*, *Beacon Timing*, *CSMA Backoff Timing* (ZigBee, 2014). Frekuensi dan data rate dari LR-WPAN dibagi menjadi tiga seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.

2.4GHz	ISM	Worldwide	250kbps	16
868 MHz		Europe	20kbps, 100kbps, 250kbps	1
915MHz	ISM	Americas	250kbps, 40kbps	10

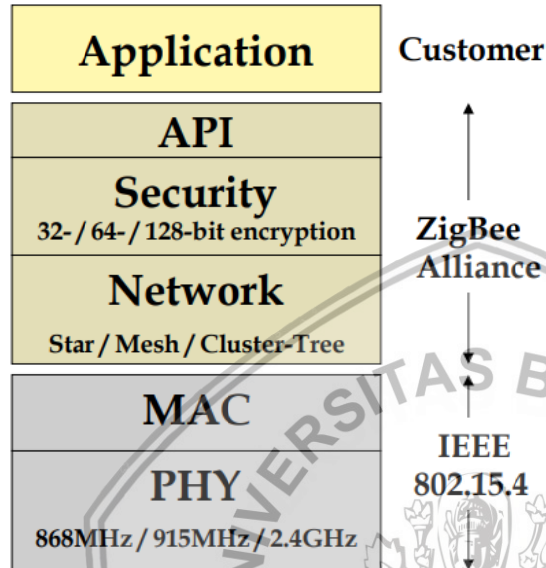
Gambar 2.2 Frekuensi LR-WPAN

Pada penelitian ini, penulis menggunakan standar 802.15.4 dan menggunakan lingkup frekuensi 2.4GHz sebagai objek simulasi penelitian.

2.2.2 Zigbee

Zigbee adalah standar teknologi yang dikembangkan Zigbee Alliance yang khusus mendefinisikan cara komunikasi standar arsitektur 802.15.4 pada layer network, sedangkan untuk fitur dan implementasinya di layer aplikasi

didefinisikan lebih lanjut oleh sub-grup dari Zigbee Alliance. Tujuannya ialah menyediakan fitur komunikasi yang hemat energi dan mudah digunakan. Dengan fokus daya yang kecil, Zigbee tetap dapat mengirim data pada jarak yang jauh dengan menggunakan device yang berada ditengah sebagai perantara untuk membentuk topologi mesh (Kaoutar, Mohammed dan Bouchaib, 2014).



Gambar 2.3 Area Pengembangan Zigbee Alliance

Zigbee diimplementasikan pada komunikasi yang membutuhkan *low data rate*, usia pemakaian yang panjang dan jalur komunikasi yang aman. Kisaran data rate pada Zigbee berkisar diantara 250 kbps. Teknologi yang diimplementasikan Zigbee tercatat lebih sederhana dan lebih murah dibanding teknologi WPAN lainnya seperti Bluetooth atau pada 802.11 yang juga nirkabel (Shi dan Li, 2017).

Komponen utama yang pada umumnya ada pada Zigbee ditunjukkan pada table 2.2.

Tabel 2.2 Komponen Zigbee

No	Komponen	Definisi
1	Zigbee Kordinator	Kordinator komunikasi pada suatu personal area network
2	Zigbee <i>End Devices</i>	Alat yang mengimplementasikan teknologi Zigbee secara penuh atau sebagian yang menjadi partisipan pada jaringan Zigbee. <i>End devices</i> secara definitif bukan kordinator ataupun router
3	Zigbee Router	Alat yang mengimplementasikan secara penuh teknologi Zigbee dan bukan kordinator namun mampu melakukan routing antar <i>device</i> dan menopang beberapa fungsi komunikasi.

Sumber : (ZigBee, 2014)

2.2.3 Riverbed Modeler

Riverbed Modeler adalah *network simulator* yang dikembangkan Riverbed Technology yang berkapasitas melakukan pemodelan dan simulasi jaringan baik skala *logical*, skala kecil seperti kantor dan kampus, hingga skala internasional antar negara.

Riverbed modeler telah mensupport lebih dari 400 protokol dan merk perangkat, algoritme routing, aplikasi dan jenis layanan, aturan antrian, dan topologi jaringan pada *librarynya* (Riverbed, 2014).

Pada penelitian ini, penulis menggunakan Riverbed modeler *academic edition* versi 17.5 yang berbasis *free license*. Keunggulan dari riverbed modeler dibanding simulator lain adalah riverbed mengutamakan visualisasi dalam membantu user membangun topologi, analisis dan *debugging* pada penggunaannya.

2.2.4 Tree Routing

Routing adalah mekanisme dan perencanaan membangun rute agar paket data yang dikirimkan dapat sampai ke tujuan. *Tree routing* merupakan salah satu dari jenis routing, dengan ciri ada peran parent dan child node secara hierarki (Kim dan Kim, 2016).

Pada perangkat Zigbee mekanisme tree routing distandarisasi pada Zigbee tree routing (ZTR) dimana setiap node dipasangkan alamat hierarki parentnya, dan node yang berada di tengah hanya perlu melanjutkan paket ke parent atau ke childnya. Skema ZTR difokuskan dengan mendistribusikan paket blok berisi alamat node tujuan dan menghindari deteksi/penemuan jalur baru untuk mengurangi *overhead* pada memory dan bandwidth (Wadhwa, Deshpande dan Priye, 2016; Kaoutar, Mohammed dan Bouchaib, 2014).

2.2.5 Queue Management

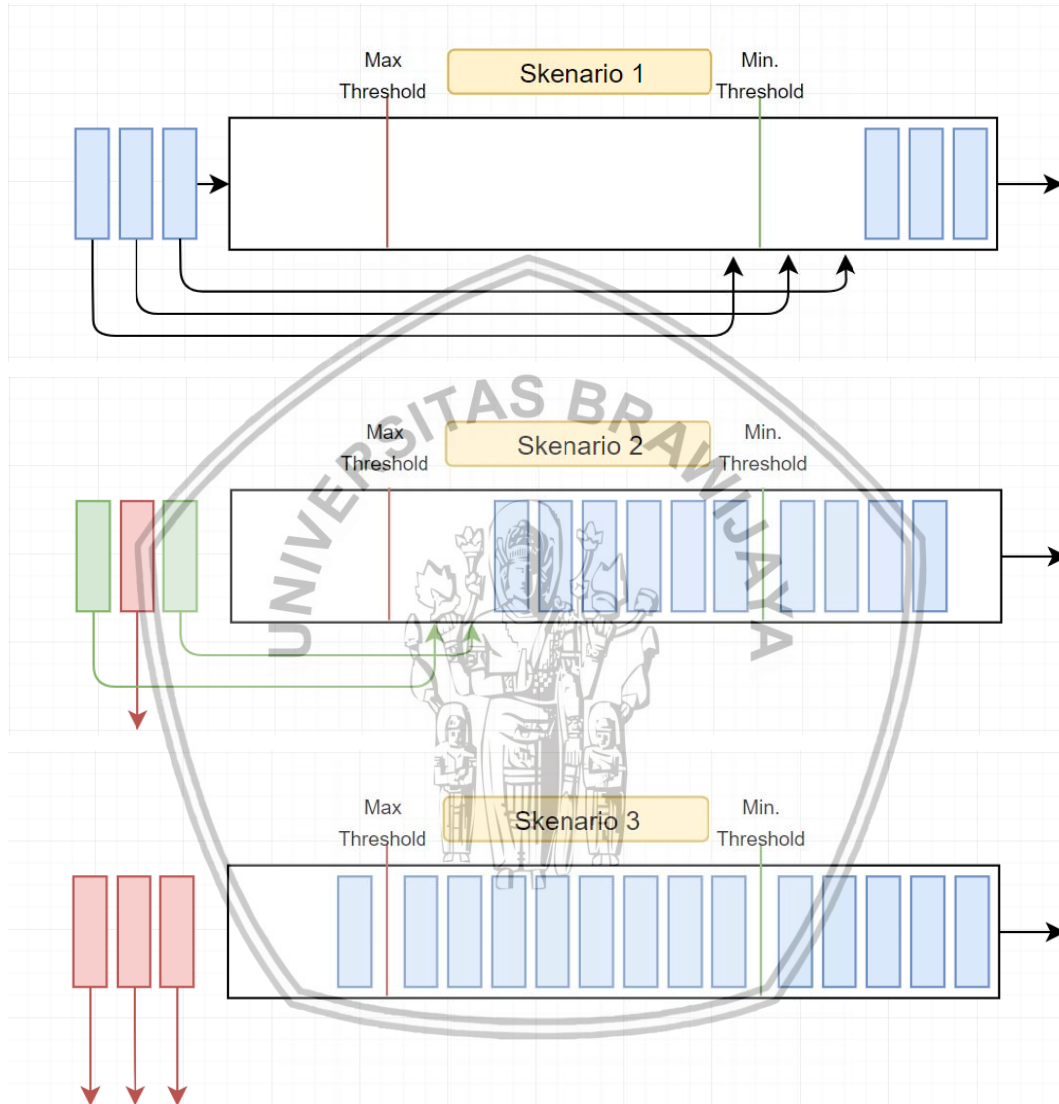
Queue Management adalah cara pengelolaan antrian paket yang datang untuk menunggu masuk ke dalam *buffer processing*. Pada penelitian ini, paket yang datang akan memenuhi *queue buffer* hingga pada batas yang ditentukan, jika telah terpenuhi maka *queue management* akan ditrigger untuk menyeleksi paket yang baru datang untuk di *drop*.

Queue Management penting untuk persiapan lebih dini menghindari kemungkinan jaringan lumpuh total atau *deadlock* akibat dari antrian paket yang memenuhi buffer (Jain, 1990).

2.2.5.1 Random early detection

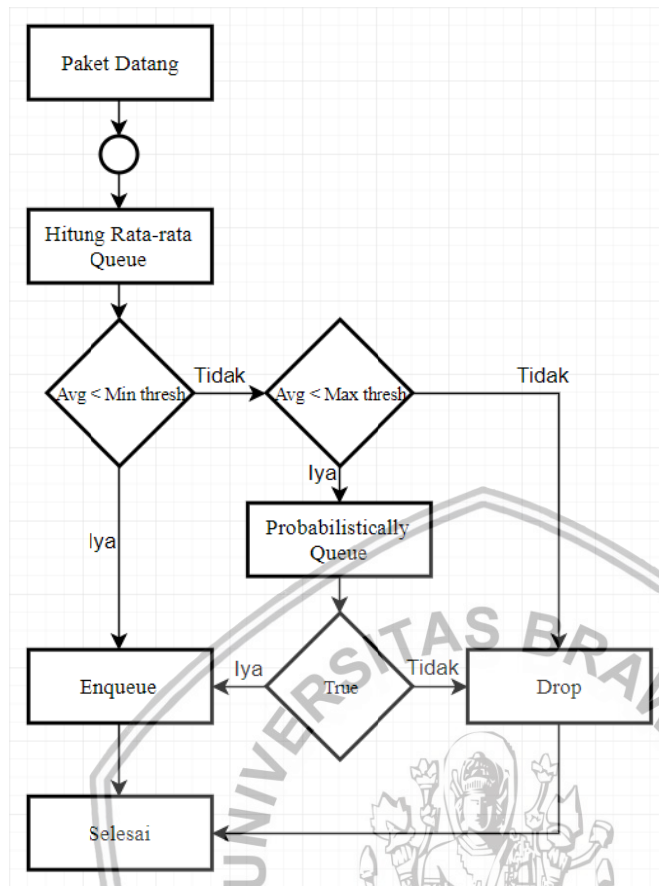
Random early detection adalah mekanisme yang mengatur cara menangani kemacetan dan antrian dengan memanfaatkan mekanisme kontrol (Kyoung-Ju, Noh Chang-Seok, 2007). RED merupakan pengembangan dari mekanisme droptail, dimana pada mekanisme droptail jika buffer telah

penuh maka paket yang baru datang akan otomatis langsung di *drop*, sedangkan pada antrian RED *buffer* dipasangkan parameter minimum dan maksimum threshold untuk menyeleksi kapan data akan di drop sebelum *buffer* penuh. Berikut ilustrasi dari cara kerja *random early detection* :



Gambar 2.4 Skenario Kerja *Random early detection*

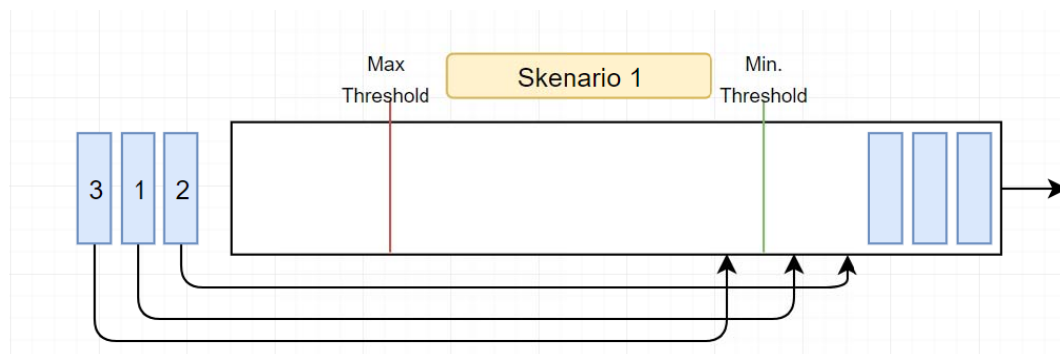
Skenario pertama adalah jika *buffer* berada di bawah batas minimum, maka semua paket yang datang bersamaan akan langsung dilanjutkan ke antrian proses. Skenario kedua adalah jika *buffer* berada lebih besar dari batas minimum dan lebih kecil dari maksimum, maka mekanisme *random early detection* akan digunakan untuk mendrop paket secara acak untuk menjadi persiapan menghindari kemacetan atau antrian paket yang berlebihan. Skenario ketiga adalah jika *buffer* telah melebihi batas maksimum, maka semua paket yang baru datang akan otomatis didrop untuk menghindari antrian yang berlebihan.

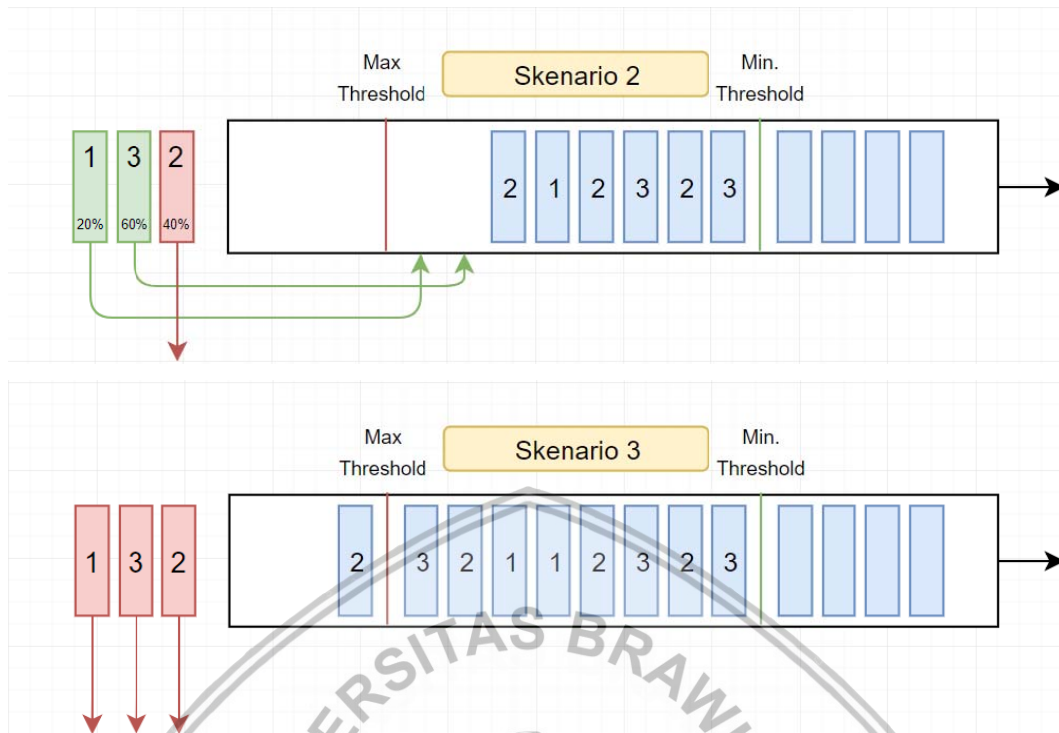


Gambar 2.5 Flowchart Random Early Detection

2.2.5.2 Weighed Random early detection

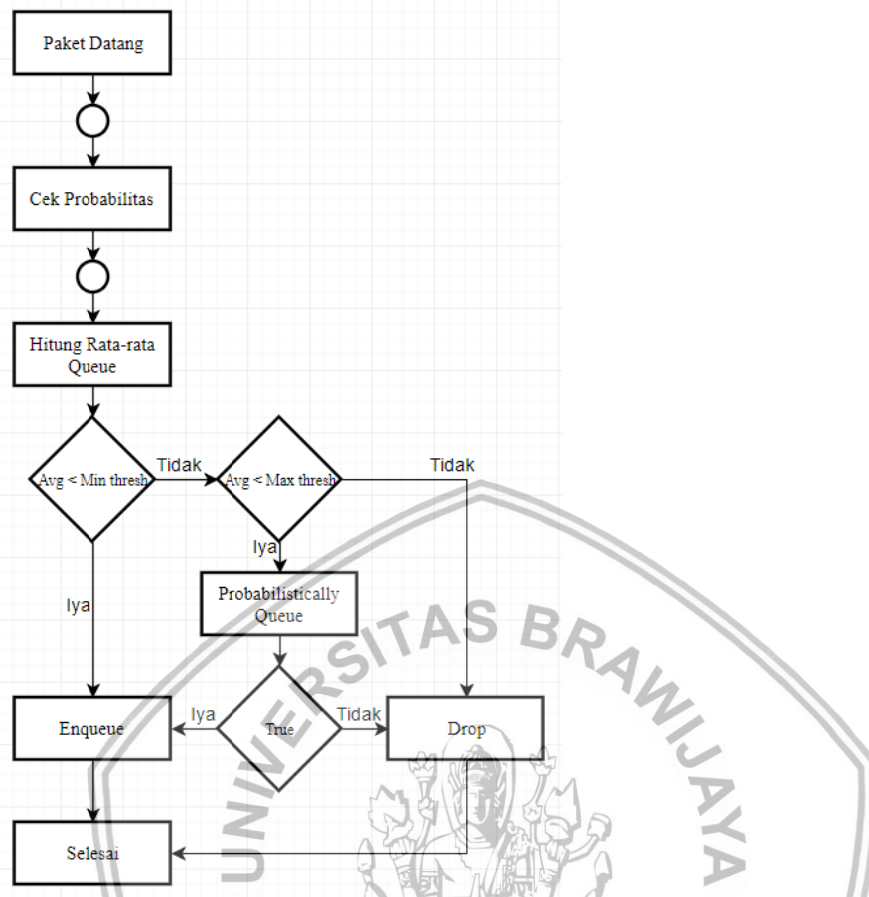
Weighed Random early detection adalah mekanisme manajemen antrian yang merupakan pengembangan dari *random early detection*. Pengembangan yang dilakukan dari manajemen *random early detection* adalah adanya penambahan isi header paket untuk memberikan tingkat kasta pada jenis paket yang menjadi prioritas (Luknárová dan Medvecký, 2010; Alkharasani et al., 2017). Ilustrasi kinerja manajemen antrian *weighed random early detection* adalah sebagai berikut :





Gambar 2.6 Skenario Kerja *WeighedRandom early detection*

Pada gambar 2.3, skenario pertama menggambarkan pada saat berada dibawah batas minimum tingkat prioritas tidak menjadi pertimbangan untuk memasukkan paket ke dalam *buffer*. Pada skenario kedua, tingkat prioritas menjadi parameter untuk menyeleksi paket mana yang harus diteruskan dan mana yang harus didrop, semakin tinggi tingkat prioritas pakatnya semakin besar pula probabilitas paket masuk ke dalam buffer, namun dengan catatan bahwa paket dengan prioritas lebih kecil bisa tetap berkesempatan masuk ke dalam antrian dengan probabilitas yang lebih kecil. Pada skenario ketiga, jika buffer telah melebihi batas maksimum maka semua paket yang datang akan otomatis tanpa mempertimbangkan kasta prioritasnya. Pada Implementasi di lapangan tingkat prioritas dapat dibedakan berdasarkan sumber paket, jenis paket atau layanan paket. Pada penelitian ini, prioritas



Gambar 2.7 Flowchart Weighed Random Early Detection.

2.2.6 Quality of Service (QoS)

Kinerja sebuah jaringan dapat diukur menggunakan beberapa parameter QoS seperti *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Pada penelitian ini parameter QoS yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.2.6.1 Global MAC Delay

Delay adalah waktu tunda yang disebabkan proses transmisi dari pengirim ke penerima, lebih lanjut *Global MAC delay* adalah waktu tunda *end-to-end* dari semua node pada layer MAC dalam satu jaringan (Al-Anbagi, Erol-Kantarci dan Mouftah, 2013).

2.2.6.2 Zigbee Coordinator Queue Delay

Zigbee Coordinator Queue Delay adalah total waktu menunggu yang dialami paket pada antrian di layer MAC kordinator sebelum paket tersebut dilanjutkan ke layer yang di atasnya.

2.2.6.3 Zigbee Coordinator MAC Throughput

Throughput adalah kecepatan transfer paketsebenarnya yang tiba di tujuan simulasi/implementasi. *Global MAC throughput* adalah total bit per detik yang diterima layer MAC sebelum diteruskan ke layer di atasnya(Lee, 2012). Pada QoS ini, *MAC throughput* akan dihitung hanya pada kordinator node saja.

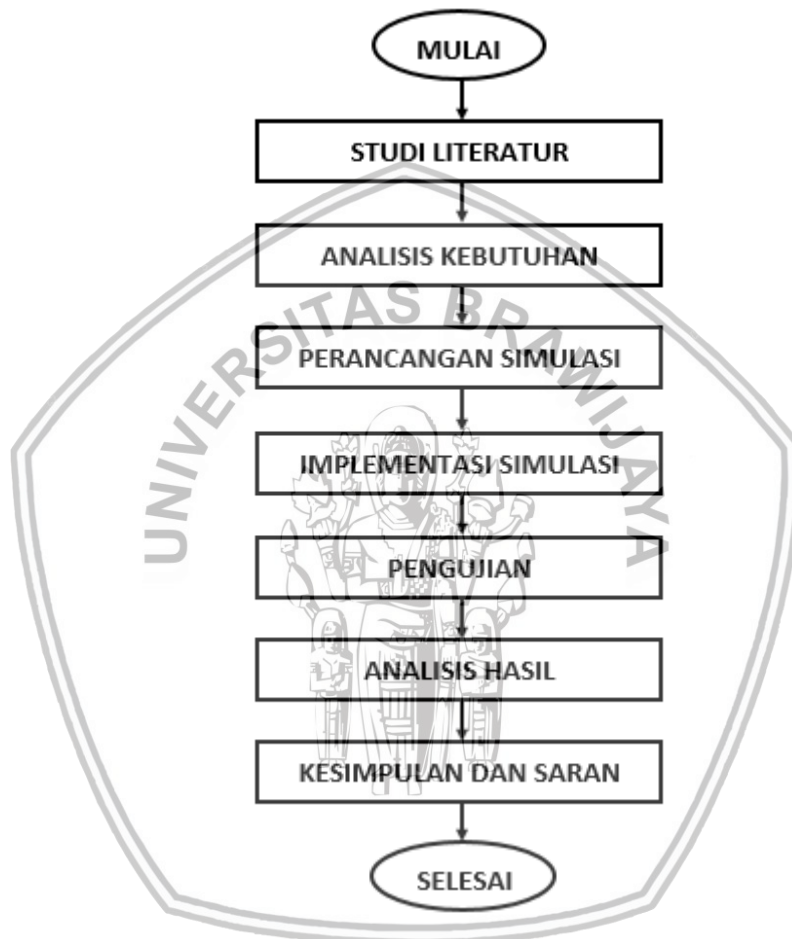
2.2.6.4 GlobalPacket drop

Packet drop adalah paket yang terbuang atau gagal ditransmisikan dari node sumber ke tujuan.*Packet dropped* terjadi karena adanya *congestion* pada node tujuan dan dilakukan untuk menghindari *buffer* penuh.



BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang studi literatur, analisis kebutuhan yang menggambarkan kebutuhan fungsional dan kebutuhan simulasi, perancangan simulasi, implementasi simulasi, pengujian, analisis hasil, kesimpulan dan saran. Gambar 3.1 menyajikan diagram alir tentang metode penelitian yang digunakan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

3.1 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mempelajari dasar teori yang digunakan untuk mendukung penulisan penelitian ini. Dasar dari teori-teori tersebut didapatkan dari beberapa sumber seperti: skripsi, artikel, buku dan jurnal. Dasar teori yang digunakan untuk mendukung penulisan penelitian ini yaitu *Antrian, Random early detection, Weighed Random early detection, WPAN, Low Rate WPAN, Zigbee, Riverbed Modeler, dan Quality of Service (QoS)* sebagai parameter hasil diantaranya: *Global MAC Delay, Coordinator Queue Delay, Coordinator MAC Throughput, Packet drop*.

3.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan bertujuan untuk menganalisa semua kebutuhan yang diperlukan dalam membangun simulasi yang akan dilakukan pada penelitian ini, sehingga nantinya dapat diperoleh kebutuhan yang sesuai untuk simulasi. Kebutuhan dibagi menjadi dua yaitu kebutuhan fungsional dan kebutuhan *non-fungsional*.

3.2.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional merupakan kebutuhan yang berisi tentang proses apa saja dan hasil yang dapat dilakukan saat simulasi. Pada penelitian ini ada beberapa kebutuhan fungsional pada simulasi, yaitu sebagai berikut:

1. Mensimulasikan teknologi Zigbee dengan manajemen antrian *Random early detection* dan *WeighedRandom early detection* menggunakan Riverbed Modeler.
2. Simulasi dapat menghasilkan nilai mentah berupa *file trace* yang nantinya dapat diolah dan dianalisis menjadi parameter hasil.

3.2.2 Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional merupakan kebutuhan yang diperlukan untuk membangun lingkungan simulasi. Dalam penelitian ini, kebutuhan tersebut terbagi menjadi dua yaitu kebutuhan simulasi dan kebutuhan jaringan, yang dapat disebutkan sebagai berikut:

3.2.2.1 Kebutuhan Simulasi

Kebutuhan simulasi adalah kebutuhan yang digunakan untuk merancang dan menjalankan simulasi dalam penelitian ini. Kebutuhan simulasi dibagi dua yaitu perangkat keras dan perangkat lunak, kebutuhan simulasi adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Keras
 - 1 Buah PC dengan spesifikasi :
 - *Processor* Intel Core i5-6600K, 3.50GHz
 - *Memory* RAM 8GB DDR4
 - *Harddisk* 1 TB
2. Perangkat Lunak
 - Sistem operasi Windows 10
 - Riverbed modeler academic edition versi 17.5

3.2.2.2 Kebutuhan Jaringan

Kebutuhan jaringan yaitu kebutuhan untuk membangun topologi jaringan yang digunakan dalam penelitian ini. Ada beberapa komponen yang

dibutuhkan untuk membangun topologi jaringan dalam penelitian ini. Dibawah ini merupakan kebutuhan jaringan yang digunakan, yaitu sebagai berikut:

1. Zigbee kordinator
2. Zigbee end node
3. Zigbee router
4. Buffer

3.3 Perancangan Simulasi

Tahap ini menjelaskan mekanisme dari simulasi yang akan dilakukan. Tahap perancangan dilakukan agar simulasi terstruktur dan terarah. Perancangan simulasi memiliki beberapa tahap yang harus dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan

Menjelaskan semua kebutuhan yang digunakan untuk membangun lingkungan simulasi. Dimana kebutuhan tersebut dibagi menjadi dua yaitu kebutuhan simulasi dan kebutuhan jaringan.

2. Alur Kerja Simulasi

Menjelaskan alur kerja dari simulasi mulai dari penentuan jumlah node, topologi, dan varian manajemen antrian, lalu proses pengiriman data untuk mentrigger manajemen antrian yang digunakan.

3. Perancangan Simulasi

Menjelaskan parameter-parameter apa saja yang akan digunakan dalam simulasi pada penelitian ini.

4. Perancangan Topologi

Menentukan topologi jaringan yang akan dibangun untuk simulasi. Berapa jumlah *node* dan peran *node* dalam topologi tersebut.

5. Perancangan *Random Early Detection*

Menjelaskan bagaimana mekanisme *Random Early Detection* dalam melayani data yang masuk ke dalam antrian sampai terjadi kondisi dimana antrian diharuskan melakukan *packet drop*.

6. Perancangan *Weighed Random Early Detection*

Menjelaskan bagaimana mekanisme *Weighed Random Early Detection* dalam melayani data yang masuk ke dalam antrian sampai terjadi kondisi dimana antrian diharuskan melakukan *packet drop* berdasarkan prioritas pakatnya.

3.4 Implementasi Simulasi

Pada penelitian ini, implementasi dimulai dengan melakukan proses instalasi *Riverbed Modeler*. Setelah *Riverbed Modeler* berhasil ter-install, dilanjutkan dengan membangun lingkungan simulasi dengan konfigurasi project dan masing-masing skenario pengujian. Berikutnya membangun topologi yang digunakan yaitu topologi Tree dilanjutkan menentukan jumlah node pada simulasi, mengatur manajemen antrian *Random Early Detection* dan *Weighed Random Early Detection* pada *buffercoordinator* dan besar maksimum minimum threshold, mengatur besar paket yang dikirim dari zigbee node, rate pengiriman paket dan menentukan lama waktu simulasi. Setelah implementasi dilakukan, penelitian dilanjutkan ke tahap pengujian yang berkaitan dari tahap implementasi.

3.5 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memvalidasi bahwa tahap implementasi telah dilakukan dengan benar dan juga untuk mendapatkan data mentah yang berikutnya digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan di tahap penarikan kesimpulan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kedua manajemen antrian, dengan pengujian varian ukuran paket dan maksimum threshold pada implementasinya di Low Rate WPAN dengan mengamati variabel-variabel QoS yang digunakan.

3.6 Analisis Hasil

Setelah mendapatkan data mentah dari hasil pengujian manajemen antrian *Random Early Detection* dan *Weighed Random Early Detection* serta melakukan variasi maksimum dan minimum thresholdnya pada NS-3, selanjutnya data tersebut digunakan untuk dilakukan perbandingan kinerjanya yang bertujuan untuk melihat mana varian manajemen antrian yang menghasilkan kinerja yang lebih optimal jika diimplementasikan pada LowRate WPAN dengan melihat hasil dari parameter QoS

3.7 Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan digunakan untuk mengemukakan poin-poin penting hasil dari penelitian dan digunakan untuk menjawab bagian rumusan masalah yang didefinisikan pada bab satu. Tahap saran digunakan penulis untuk memberikan masukan untuk memperbaiki dan mengembangkan penelitian ini lebih lanjut.

BAB 4 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab perancangan dan Implementasi akan dijelaskan rencana implementasi yang diperlukan untuk menjawab rumusan masalah yang didefinisikan pada bab satu.

4.1 Perancangan

Sub bab perancangan menjelaskan tahap tahap membangun lingkungan simulasi yang akan digunakan pada tahap Implementasi. Tahap perancangan diawali dengan analisis kebutuhan, alur kerja simulasi, perancangan topologi, perancangan *random early detection*, perancangan *weighed random early detection*.

4.1.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan menjelaskan kebutuhan-kebutuhan apa saja yang terkait untuk menciptakan lingkungan simulasi dalam perbandingan manajemen antrian *random early detection* dan *weighed random early detection*. Kebutuhan yang terdefinisi adalah kebutuhan simulasi dan kebutuhan jaringan.

4.1.1.1 Kebutuhan Simulasi

Kebutuhan simulasi adalah kebutuhan yang diperlukan untuk merancang dan membangun lingkungan simulasi untuk penelitian ini. Kebutuhan simulasi terbagi menjadi dua kebutuhan perangkat keras dan kebutuhan perangkat lunak.

1. Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan untuk membangun lingkungan simulasi memiliki spesifikasi yang memadai untuk menunjang penelitian yang dilakukan.

1 Buah PC dengan spesifikasi :

- Processor Intel Core i5-6600K, 3.50GHz
- RAM 8GB
- Harddisk 1 TB

2. Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun dan merancang lingkungan simulasi adalah

- Sistem operasi Windows 10
- Riverbed modeler academic edition versi 17.5

4.1.1.2 Kebutuhan Jaringan

1. Kebutuhan Router

Peranan Zigbee router pada penelitian ini adalah memforward paket yang dihasilkan dari zigbee node untuk mencapai zigbee kordinator. Pada penelitian kali ini, jumlah router yang digunakan berjumlah 4 yang akan membentuk topologi tree.

2. Kebutuhan Node

Peranan Zigbee node adalah menghasilkan paket-paket yang bisa menciptakan kondisi *traffic* data yang padat dalam jaringan. Pada penelitian ini digunakan sejumlah 20 end node guna merekayasa terjadinya *traffic* data yang padat pada jaringan.

3. Kebutuhan Kordinator

Peranan Zigbee kordinator pada penelitian ini adalah sebagai node tujuan dan menjadi kontrol QoS jaringan secara global. Dalam penelitian ini akan digunakan 1 node sebagai node tujuan dengan harapan tercapainya trafik yang padat pada jaringan yang disimulasikan.

4. Kebutuhan Buffer

Peranan *buffer* pada penelitian ini adalah menampung sementara blok-blok paket data yang dikirimkan dari zigbee node. Pada penelitian ini, perancangan dan simulasi berpusat di area *buffer* kordinator. Besar ukuran buffer akan menggunakan nilai default dari spesifikasi modul Zigbee sebesar 300bytes (Faith, 2013).

4.1.2 Alur Kerja Simulasi

Penentuan alur kerja simulasi agar terjadi *congestion* yang diharapkan sehingga proses analisis yang menjadi tujuan penelitian dapat tercapai dilakukan dengan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah zigbee node, zigbee router, dan zigbee coordinator. Komponen dasar topologi zigbee tersebut akan menjadi pusat pengamatan dalam penelitian kali ini.
2. Menentukan dan merancang jenis topologi yang digunakan. Topologi Tree digunakan karena dinilai lebih optimal dalam merekayasa terjadinya *congestion* (Kaoutar, Mohammed dan Bouchaib, 2014).
3. Menentukan manajemen antrian yang dipersiapkan untuk menangani *congestion* yang diharapkan. Pada penelitian ini, antrian *Random Early Detection* dan *Weighed Random Early Detection* digunakan bergantian pada setiap pengujian.
4. Menentukan protokol pengiriman paket yang digunakan dan variasi besar jumlah paket yang dikirimkan. Pada penelitian ini protokol Zigbee digunakan dan varian maksimum paket sebesar 1024 dan 512bits.

5. Melakukan perancangan pengiriman data, zigbee end node akan melakukan *flooding* ke zigbee coordinator.
6. Ketika semua node mengirimkan paket dalam waktu yang bersamaan dengan intensitas 10-15ms, *traffic* data akan memadat pada satu titik hingga mentrigger kondisi manajemen antrian digunakan untuk mencegah terjadinya *congestion*.

4.1.3 Perancangan Simulasi

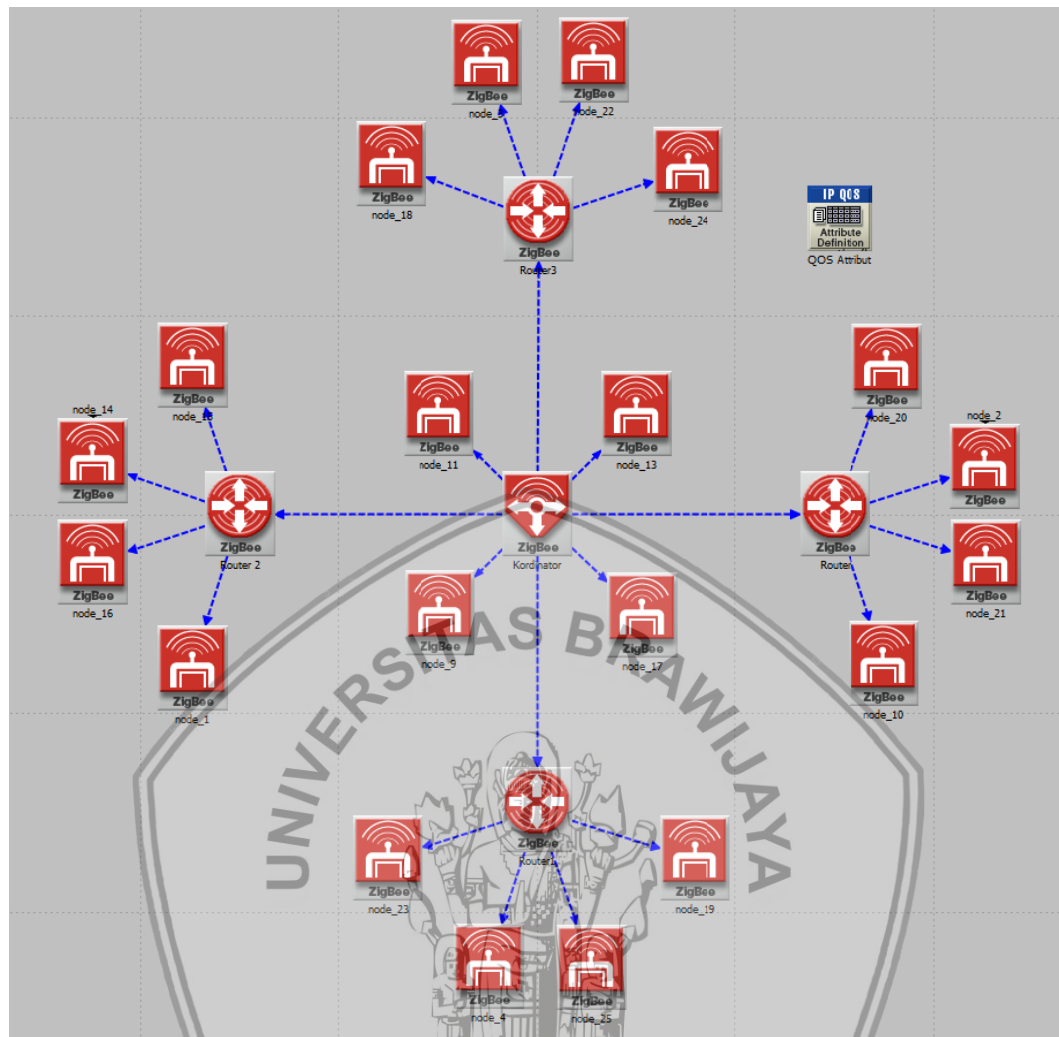
Perancangan simulasi akan menjelaskan varian parameter yang digunakan dan varian nilainya. Penentuan varian nilai pada perancangan simulasi ditentukan berdasarkan referensi yang ada. Parameter simulasi ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 4.1 Parameter Simulasi

Parameter Pengujian	Nilai
Manajemen Antrian pada kordinator	<i>Random early detection</i> dan <i>Weighed Random early detection</i>
<i>Min. Thresh</i>	20 paket
<i>Max. Thresh</i>	30, 40, 50 paket
<i>Buffer Size</i>	300bytes
Jumlah Node	1 kordinator, 4 router, 20 <i>end node</i>
<i>Delivery Intensity</i>	10 - 15 ms
Waktu Simulasi	1000 detik
Ukuran Paket	1024 dan 512 bit
<i>Frequency</i>	2.4 GHz
<i>Data rate</i>	250 Kbps
PHY dan MAC	IEEE 802.15.4

4.1.4 Perancangan Topologi

Rancangan topologi pada penelitian ini menggunakan model tree. Dimana terdapat 25 node yang terdiri dari 1 kordinator, 4 router, dan 20 *end node*. Pada masing-masing node akan terhubung secara nirkabel sehingga membentuk sebuah jaringan. Ilustrasi topologi tree yang dirancang pada lingkungan penelitian ditunjukkan pada gambar 3.2. Pemilihan model tree digunakan karena mekanisme *child* dan *parent* node pada model tree akan mengoptimalkan terjadinya *congestion* pada komunikasi dengan *data rate* rendah (Kaoutar, Mohammed dan Bouchaib, 2014).



Gambar 4.1 Perancangan Topologi

4.1.5 Perancangan *Random early detection*

Perancangan *random early detection* digunakan saat *buffer* hampir dipenuhi paket dan mengharuskan data untuk didrop agar menghindari *dead lock*. *Random early detection* menjelaskan cara *buffer* menentukan momen dimana data harus di drop secara acak berdasarkan batas yang ditentukan. Terdapat 4 parameter pada perancangan *random early detection*, yaitu *min thresh*, *max thresh*, *Exponential Weight Factor* dan *Mark Probability Denominator*.

4.1.6 Perancangan *Weighed Random early detection*

Perancangan *weighed random early detection* digunakan saat *buffer* hampir dipenuhi paket dan mengharuskan data untuk didrop agar menghindari *dead lock*. *Weighed random early detect* menjelaskan cara *buffer* menentukan momen dimana data harus di drop secara berdasarkan prioritas yang ditentukan. Terdapat 4 parameter pada perancangan *weighed random early detection*, yaitu

min thresh, max thresh, *Exponential Weight Factor* dan *Mark Probability Denominator*.

4.2 Implementasi Simulasi

Pada sub-bab ini, akan menjelaskan detail tahap implementasi dari simulasi yang akan dilakukan pada Riverbed Modeler.

4.2.1 Pemasangan Node, Role dan Koneksi pada Zigbee

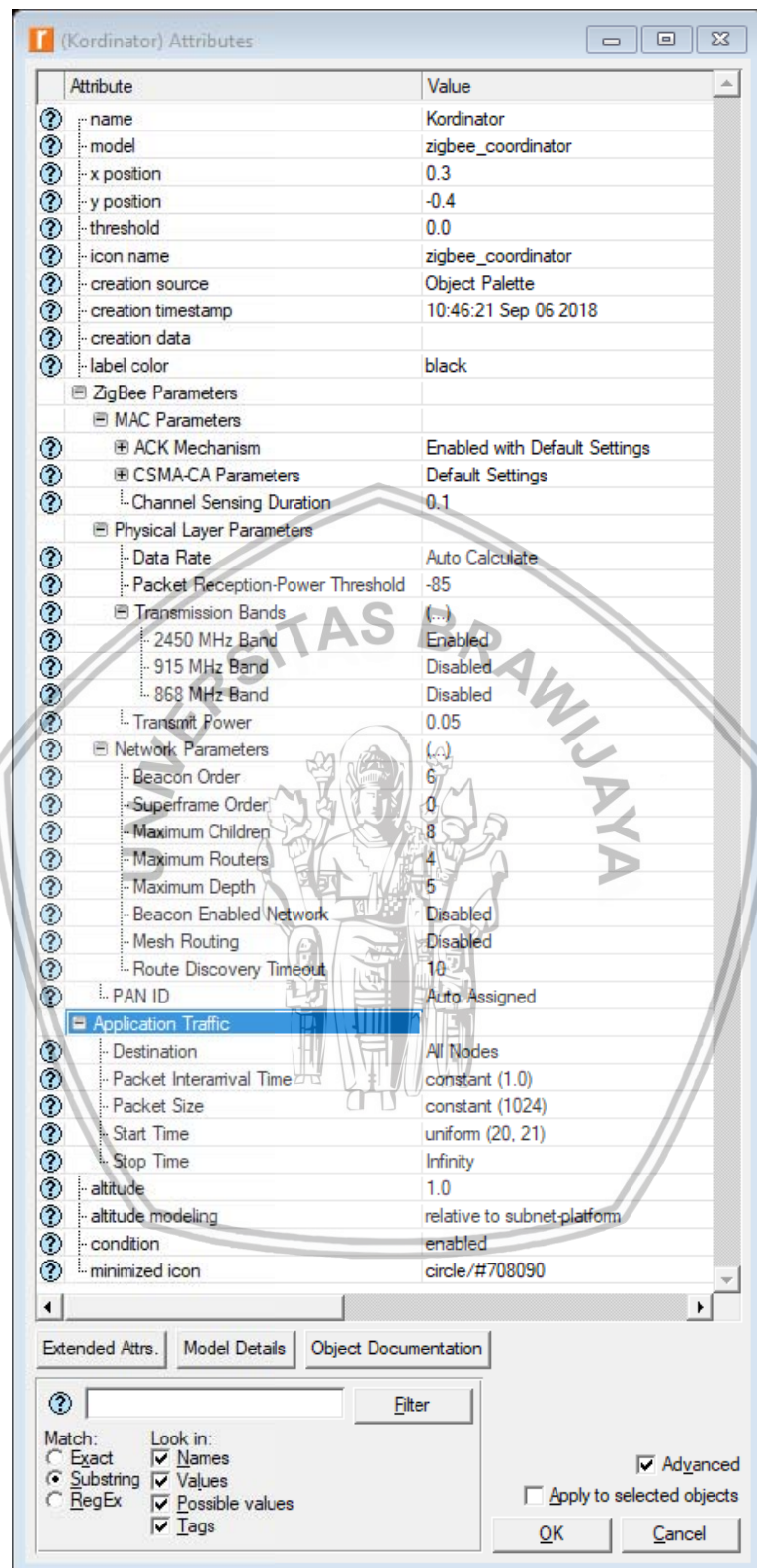
1. Tahap ini dimulai dengan menambahkan 1 Zigbee kordinator, 4 zigbee router, 20 zigbee *end device* pada *workspace* dengan skala *office*, dengan memilih node yang memiliki posisi tetap/*fixed*.
2. Implementasi dilanjutkan dengan membentuk Zigbee node menjadi topologi *tree*. Dimana kordinator berada ditengah, router sebagai simpul dan end device sebagai *leaf node* sesuai pada gambar 3.2.
3. Menentukan atribut dan parameter pada Zigbee node, beberapa atribut diset menjadi default agar sesuai dengan implementasi zigbee di lapangan. Atribut pada Zigbee ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 4.2 Parameter Zigbee Node

Attribut	Zigbee Node
<i>ACK Status</i>	<i>Enabled</i>
<i>ACK Wait Status</i>	0,05 sec
<i>Channel Sensing Duration</i>	0,1 sec
<i>Data Traffic Destination</i>	Kordinator
<i>Traffic Marking Probability</i>	<i>Enabled</i>
<i>Routing Strategy</i>	<i>Tree Routing</i>
<i>Data Packet Interarrival Time</i>	Konstan 1s

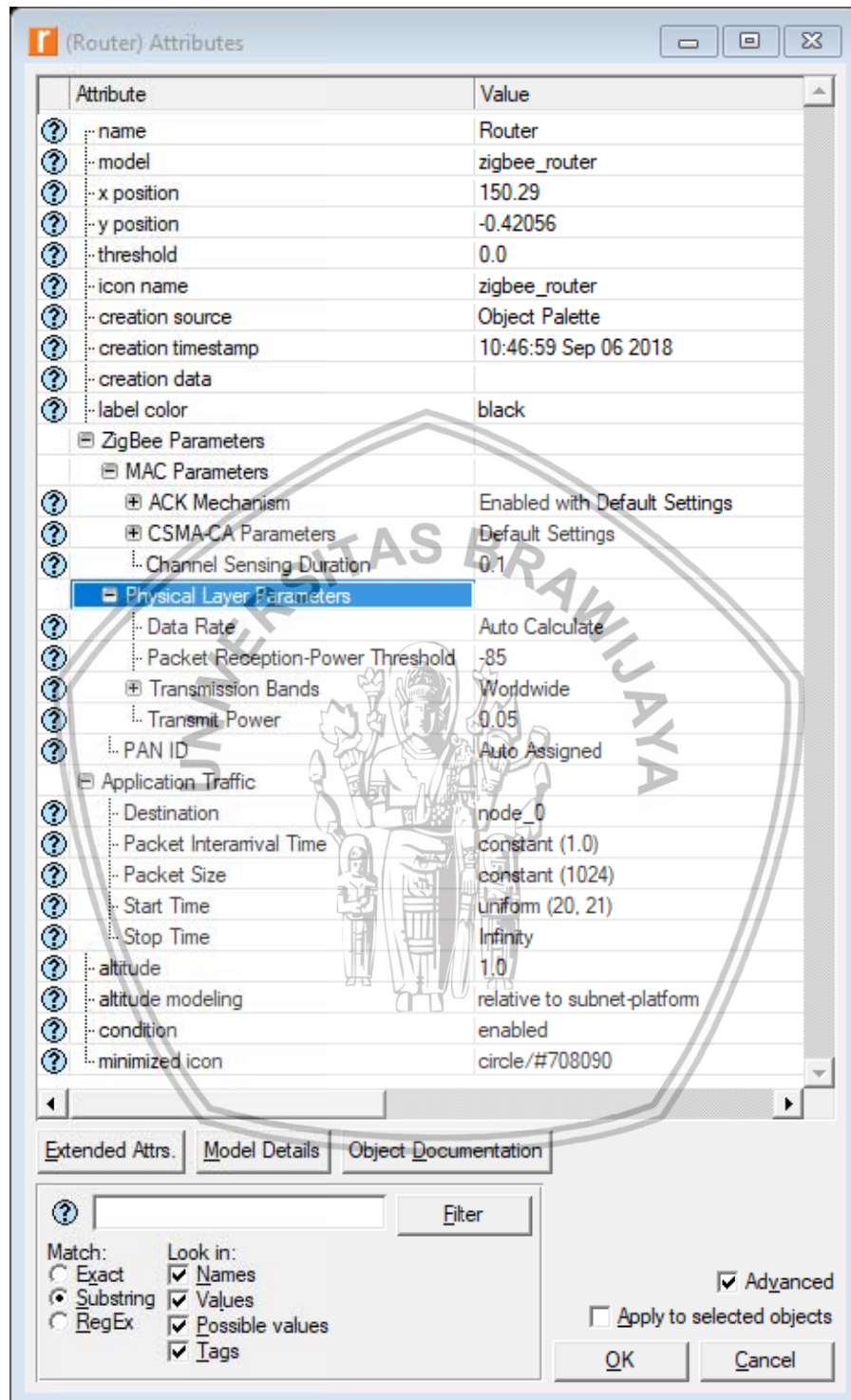
4. Membangun koneksi pada jaringan zigbee dilakukan dengan menyamakan *PAN Identifier* (PAN ID), lalu berikutnya dengan mengarahkan tujuan pengiriman paket dari tiap-tiap node. Dimana *end device destination* diset menjadi kordinator, Router diset menjadi kordinator, dan kordinator diset menjadi tidak ada trafik.

Gambar 3.3 menunjukkan konfigurasi node kordinator Zigbee:



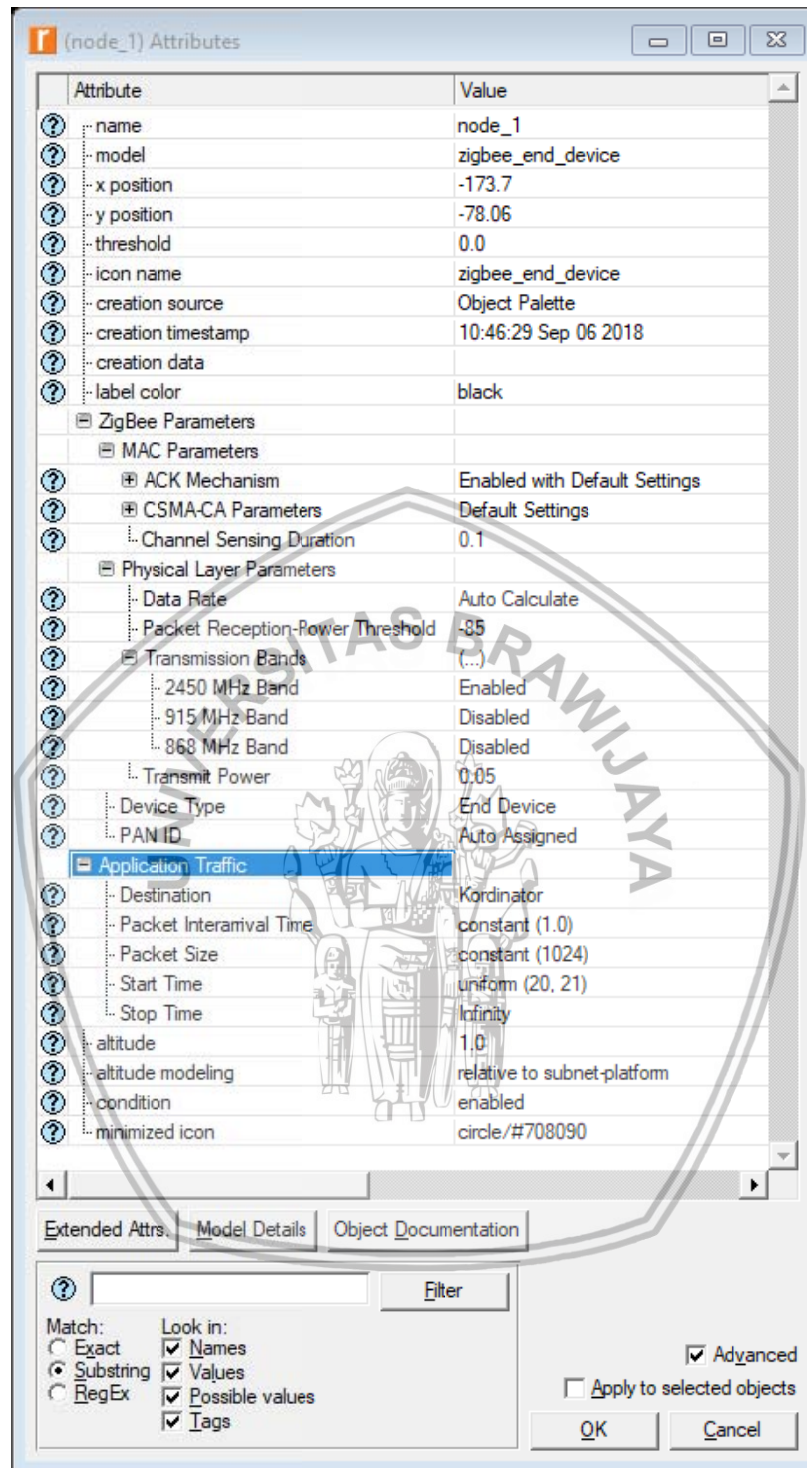
Gambar 4.2 Konfigurasi Node Kordinator Zigbee

Gambar 3.4 menunjukkan konfigurasi node router Zigbee:



Gambar 4.3 Konfigurasi Node Router Zigbee

Gambar 3.5 menunjukkan konfigurasi node *end device* zigbee:



Gambar 4.4Konfigurasi End Node Zigbee

4.2.2 Instalasi QoS Attribute dan Parameter QoS

1. Menambahkan objek QoS Parameters pada *workspace* riverbed.

- Menentukan atribut dan parameter penggunaan manajemen antrian RED dan WRED sesuai pada tabel 3.3.

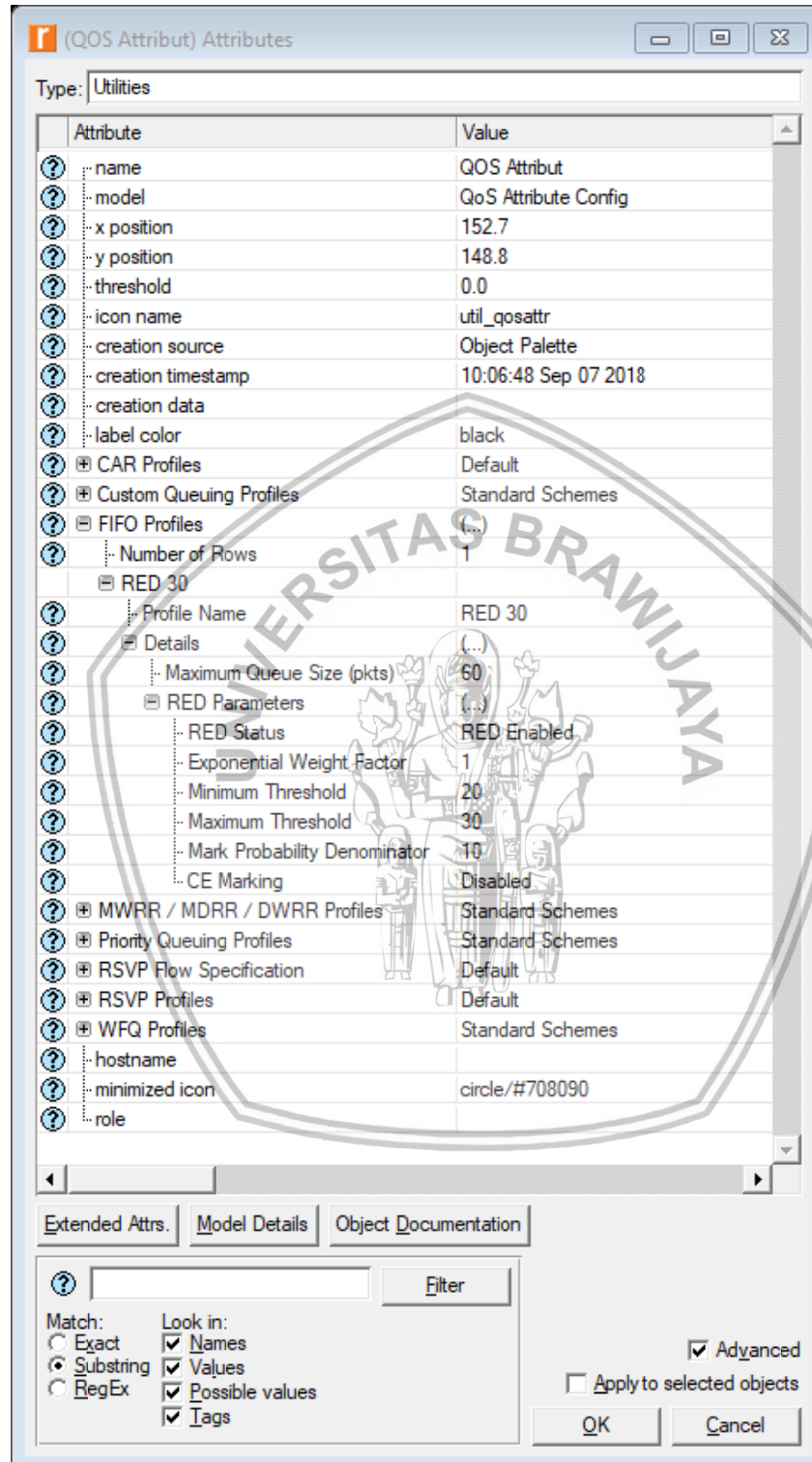
Atribut	Nilai	
	RED	WRED
Queue Management		
<i>Maximum Queue Size</i>	60 paket	
<i>Minimum</i>	20 paket	
<i>Maximum</i>	30, 40, 50 paket	
<i>Exponential Weight Factor</i>	10	
<i>Mark Probability Denominator</i>	1	1, 3, 5
<i>CE Marking</i>	Disabled	

Tabel 4.3 Parameter Manajemen Antrian

- Menerapkan QoS parameter pada Zigbee node, Zigbee router dan Zigbee kordinator.

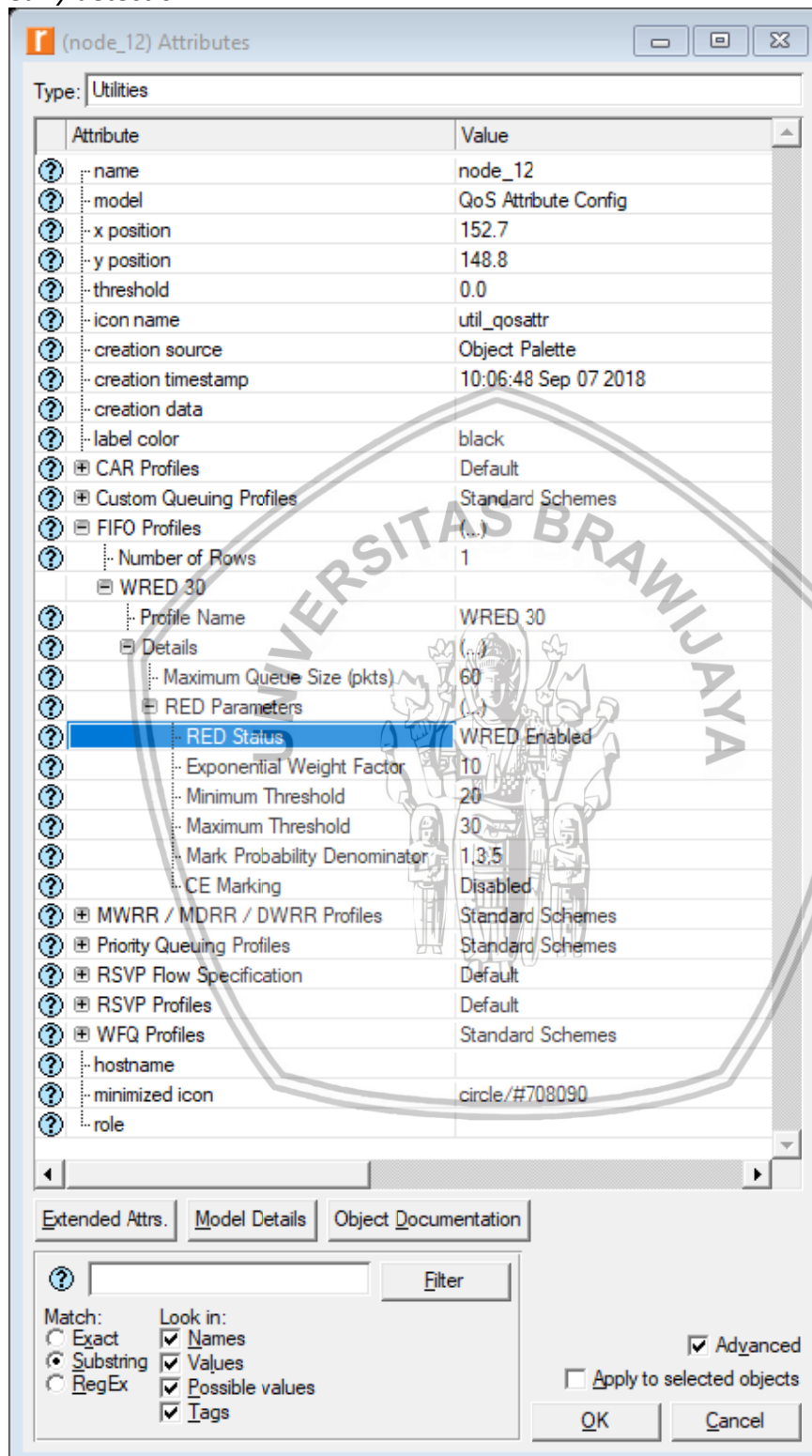


Gambar 3.6 menunjukkan konfigurasi QoS manajemen antrian *random early detection*:



Gambar 4.5 Konfigurasi *Random Early Detection*

Gambar 3.7 menunjukkan konfigurasi QoS manajemen antrian *weighed random early detection*:



Gambar 4.6 Konfigurasi *Weighed Random Early Detection*

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai pengujian yang dilakukan serta melakukan analisis hasil pengujian pada perbandingan dari kedua manajemen antrian *random early detection* dan *weighed random early detection*, bab ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk menyelesaikan rumusan masalah yang terdefinisi pada bab pendahuluan.

5.1 Hasil Pengujian

Berdasarkan pada bab metodologi, pengujian dilakukan untuk memvalidasi bahwa tahap implementasi telah dilakukan dengan benar dan juga untuk mendapatkan data mentah yang berikutnya digunakan sebagai landasan untuk mendukung pengambilan keputusan di tahap analisis hasil dan penarikan kesimpulan.

5.1.1 Hasil Pengujian *Random early detection*

Berdasarkan rancangan yang telah dilakukan, pengujian dilanjutkan dengan melakukan simulasi selama 1000 detik. Pada jalannya simulasi, dilakukan rekam data setiap 20 detik pada masing-masing parameter QoS untuk mengukur kinerja manajemen antrian *random early detection*. Pada kedua manajemen antrian RED dan WRED, parameter ukuran *buffer* di set menjadi 60 paket, parameter maksimum divariasikan menjadi 30, 40, 50 paket dan minimum menjadi 20 paket. Varian *buffer* tersebut ditambahkan pula varian besar paket yang ditransmisikan yaitu 1024 bit dan 512 bit. Berikut perbandingan kinerja dari setiap parameter QoS setelah pengujian dilakukan.

5.1.1.1 Hasil Pengujian *Global MAC Delay*

Global MAC Delay merupakan total waktu tunda *end-to-end* dari semua node pada layer MAC dalam satu jaringan. Penghitungan keseluruhan waktu tunda dimulai saat data di layer MAC zigbee *end device* hingga data sampai di layer MAC zigbee kordinator. Pada pengujian ini, *global MAC delay* dibandingkan berdasarkan besar maksimum dan besar ukuran paket pada manajemen antrian *random early detection*.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian *Global MAC Delay* Terhadap RED

Maksimum	Ukuran Paket	Rata-rata <i>Global MAC Delay</i> (detik)
30 paket	1024 bit	0,126041501
40 paket		0,125753293
50 paket		0,124980483
30 paket	512 bit	0,110427492
40 paket		0,110338993

50 paket		0,109704295
----------	--	-------------

Tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata *global MAC delay* setelah pengambilan 50 sampel setiap 20 detik dari total waktu simulasi selama 1000 detik. Pada setiap pengujian, dilakukan penambahan nilai maksimum *threshold* yaitu 30 paket, 40 paket, 50 paket juga penambahan nilai besar paket yaitu 512 dan 1024 bits. Variasi ukuran paket dan *threshold* digunakan untuk menguji kinerja jaringan terhadap manajemen antrian yang digunakan.

5.1.1.2 Hasil Pengujian *Coordinator Queue Delay*

Zigbee *Coordinator Queue Delay* adalah total waktu menunggu/waktu tunda yang dialami paket pada antrian di layer MAC kordinator sebelum paket tersebut dilanjutkan ke layer yang di atasnya. *Queue delay* dibandingkan berdasarkan besar maksimum *threshold* dan besar ukuran paket pada manajemen antrian *random early detection*.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian *Queue Delay* Terhadap RED

Maksimum	Ukuran Paket	Rata-rata <i>queue delay</i> (detik)
30 paket	1024 bit	0,013703637
40 paket		0,012184153
50 paket		0,012324233
30 paket	512 bit	0,013607948
40 paket		0,011452374
50 paket		0,01174289

Tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata *queue delay* setelah pengambilan 50 sampel setiap 20 detik dari total waktu simulasi selama 1000 detik. Pada setiap pengujian, dilakukan penambahan nilai maksimum *threshold* yaitu 30 paket, 40 paket, 50 paket juga penambahan nilai besar paket yaitu 512 dan 1024 bits. Variasi ukuran paket dan *threshold* digunakan untuk menguji kinerja jaringan terhadap manajemen antrian yang digunakan.

5.1.1.3 Hasil Pengujian Zigbee *Coordinator Throughput*

Zigbee *coordinator throughput* adalah total trafik data dalam bit per detik yang berhasil diterima layer MAC dan diteruskan ke layer di atasnya. Throughput dibandingkan berdasarkan besar maksimum *threshold* dan besar ukuran paket pada manajemen antrian *random early detection*. Pada pengujian ini, pengambilan data sampel hanya dilakukan pada node kordinator saja.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian *Throughput* Terhadap RED

Maksimum	Ukuran Paket	Rata-rata <i>coordinator throughput</i> (detik)
30 paket	1024 bit	6351,367896
40 paket		6358,153739
50 paket		6458,224817
30 paket	512 bit	4316,553534
40 paket		4309,777129
50 paket		4362,806819

Tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata *throughput* kordinator setelah pengambilan 50 sampel setiap 20 detik dari total waktu simulasi selama 1000 detik. Pada setiap pengujian, dilakukan penambahan nilai maksimum *threshold* yaitu 30 paket, 40 paket, 50 paket juga penambahan nilai besar paket yaitu 512 dan 1024 bits. Variasi ukuran paket dan *threshold* digunakan untuk menguji kinerja jaringan terhadap manajemen antrian yang digunakan.

5.1.1.4 Hasil Pengujian *Global Packet drop*

Packet drop adalah paket yang terbuang atau gagal ditransmisikan dari node sumber ke tujuan. *Packet drop* dibandingkan berdasarkan besar maksimum *threshold* dan besar ukuran paket pada manajemen antrian *random early detection*. Pada pengujian ini, pengambilan data sampel hanya dilakukan pada node kordinator saja.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian *Packet dropped* Terhadap RED

Maksimum	Ukuran Paket	Rata-rata <i>packet drop</i> (packets)
30 paket	1024 bit	400
40 paket		398,0816327
50 paket		397,0204082
30 paket	512 bit	400
40 paket		398,0816327
50 paket		397,0204082

Tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata *packet drop* setelah pengambilan 50 sampel setiap 20 detik dari total waktu simulasi selama 1000 detik. Pada setiap pengujian, dilakukan penambahan nilai maksimum *threshold* yaitu 30 paket, 40 paket, 50 paket juga penambahan nilai besar paket yaitu 512 dan 1024 bits. Variasi ukuran paket dan *threshold* digunakan untuk menguji kinerja jaringan terhadap manajemen antrian yang digunakan.

5.1.2 Hasil Pengujian *Weighed Random Early Detection*

Setelah pengujian terhadap manajemen antrianRED, pengujian dilanjutkan dengan melakukan simulasi terhadap manajemen antrianWRED dengan simulasi yang sama selama 1000 detik. Pada jalannya simulasi, dilakukan rekam data setiap 20 detik pada masing-masing parameter QoS untuk mengukur kinerja manajemen antrian*weighed random early detection*. Pada kedua manajemen antrianRED dan WRED, parameter ukuran *buffer* di set menjadi 60paket, parameter maksimum divariasikan menjadi 30, 40, 50 paket dan minimum menjadi 20 paket. Ukuran paket divariasikan dengan besar 1024 dan 512 bits. Khusus untuk kasus manajemen antrian*weighed random early detection* penomoran tingkat prioritas diberikan 1,3,5 level secara berurutan. Berikut perbandingan kinerja dari setiap parameter QoS setelah pengujian dilakukan.

5.1.2.1 Hasil Pengujian *Global MAC Delay*

Global MAC Delay merupakan total waktu tunda *end-to-end* dari semua node pada layer MAC dalam satu jaringan. Penghitungan keseluruhan waktu tunda dimulai saat data di layer MAC zigbee *end device* hingga data sampai di layer MAC zigbee kordinator. Pada pengujian ini, *global MAC delay* dibandingkan berdasarkan besar maksimum *threshold* dan besar ukuran paket pada manajemen antrian *weighed random early detection*.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian *Global MAC Delay* Terhadap WRED

Maksimum	Ukuran Paket	Rata-rata <i>global MAC delay</i> (detik)
30 paket	1024 bit	0,12596666
40 paket		0,125829793
50 paket		0,1260597
30 paket	512 bit	0,110456535
40 paket		0,110161
50 paket		0,110170843

Tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata *global MAC delay* setelah pengambilan 50 sampel setiap 20 detik dari total waktu simulasi selama 1000 detik. Pada setiap pengujian, dilakukan penambahan nilai maksimum *threshold* yaitu 30 paket, 40 paket, 50 paket juga penambahan nilai besar paket yaitu 512 dan 1024 bits. Variasi ukuran paket dan *threshold* digunakan untuk menguji kinerja jaringan terhadap manajemen antrianyang digunakan..

5.1.2.2 Hasil Pengujian *Coordinator Queue Delay*

Zigbee Coordinator Queue Delay adalah total waktu menunggu/waktu tunda yang dialami paket pada antrian di layer MAC kordinator sebelum paket tersebut dilanjutkan ke layer yang di atasnya. *Queue delay* dibandingkan berdasarkan besar maksimum *threshold* dan besar ukuran paket pada manajemen antrian *random early detection*.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian *Queue Delay* Terhadap WRED

Maksimum	Ukuran Paket	Rata-rata <i>queue delay</i> (detik)
30 paket	1024 bit	0,01191524
40 paket		0,014057337
50 paket		0,011923682
30 paket	512 bit	0,012761058
40 paket		0,011388502
50 paket		0,011580277

Tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata *queue delay* setelah pengambilan 50 sampel setiap 20 detik dari total waktu simulasi selama 1000 detik. Pada setiap pengujian, dilakukan penambahan nilai maksimum *threshold* yaitu 30 paket, 40 paket, 50 paket juga penambahan nilai besar paket yaitu 512 dan 1024 bits. Variasi ukuran paket dan *threshold* digunakan untuk menguji kinerja jaringan terhadap manajemen antrian yang digunakan.

5.1.2.3 Hasil Pengujian Zigbee Coordinator Throughput

Zigbee *coordinator throughput* adalah total trafik data dalam bit per detik yang berhasil diterima layer MAC dan diteruskan ke layer di atasnya. *Throughput* dibandingkan berdasarkan ukuran paket dan maksimum *threshold* pada manajemen antrian *weighed random early detection*. Pada pengujian ini, pengambilan data sampel hanya dilakukan pada node kordinator saja.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian *Global MAC Delay* Terhadap WRED

Maksimum	Ukuran Paket	Rata-rata <i>coordinator throughput</i> (bps)
30 paket	1024 bit	6366,533667
40 paket		6351,784037
50 paket		6361,862181
30 paket	512 bit	4345,780752
40 paket		4339,88311
50 paket		4348,173164

Tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata *throughput* setelah pengambilan 50 sampel setiap 20 detik dari total waktu simulasi selama 1000 detik. Pada setiap pengujian, dilakukan penambahan nilai maksimum *threshold* yaitu 30 paket, 40 paket, 50 paket juga penambahan nilai besar paket yaitu 512 dan 1024 bits. Variasi ukuran paket dan *threshold* digunakan untuk menguji kinerja jaringan terhadap manajemen antrian yang digunakan.

5.1.2.4 Hasil Pengujian *Global Packet drop*

Packet drop adalah paket yang terbuang atau gagal ditransmisikan dari node sumber ke tujuan. *Throughput* dibandingkan berdasarkan ukuran paket dan maksimum dan besar ukuran paket pada manajemen antrian *weighed random early detection*. Pada pengujian ini, pengambilan data sampel hanya lakukan pada node kordinator saja.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian *Packet dropped* Terhadap WRED

Maksimum	Ukuran Paket	Rata-rata <i>packet drop</i> (packets)
30 paket	1024 bit	396,3673469
40 paket		396,4285714
50 paket		393,3265306
30 paket	512 bit	396,3673469
40 paket		396,4285714
50 paket		393,3265306

Tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata *global MAC delay* setelah pengambilan 50 sampel setiap 20 detik dari total waktu simulasi selama 1000 detik. Pada setiap pengujian, dilakukan penambahan nilai maksimum yaitu 30 paket, 40 paket, 50 paket juga penambahan nilai besar paket yaitu 512 dan 1024 bits. Variasi ukuran paket dan digunakan untuk menguji kinerja jaringan terhadap manajemen antrian yang digunakan.

5.2 Analisis Hasil

Setelah melakukan tahap pengujian, penelitian dilanjutkan dengan melakukan analisis hasil terhadap data hasil pengujian. Data hasil pengujian tersebut akan ditampilkan dalam grafik untuk mempermudah analisis kinerja dari kedua manajemen antrian terhadap implementasinya di arsitektur LR-WPAN.

5.2.1 Analisis Hasil Pengujian

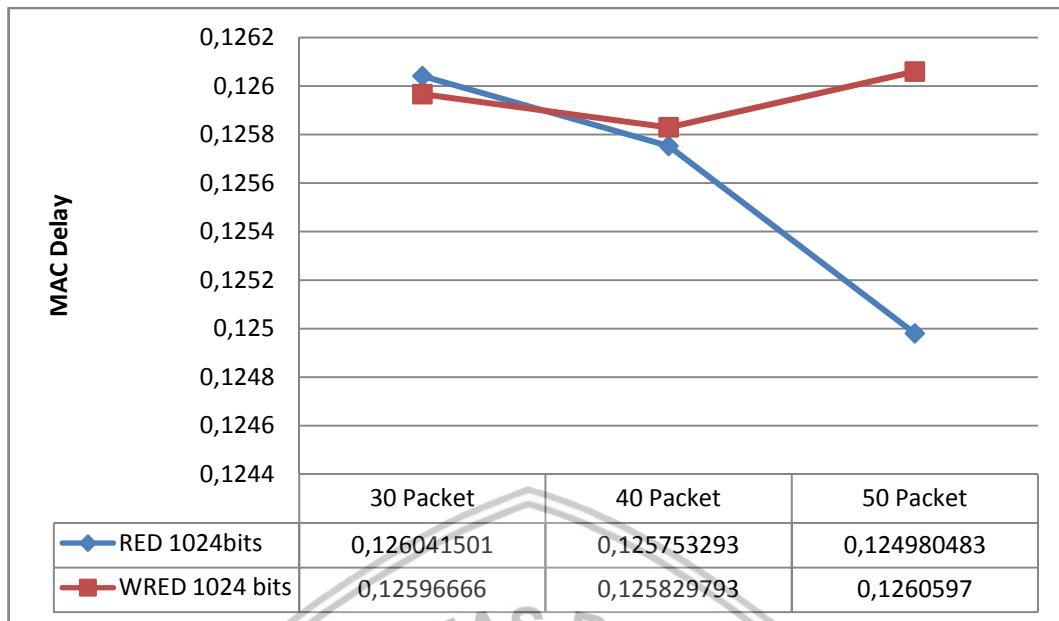
5.2.1.1 Analisis Hasil Pengujian *Global MAC Delay*

Perbandingan *global MAC delay* antara manajemen antrian *random early detection* dan *weighed random early detection* ditampilkan seperti pada grafik pada gambar dibawah dengan penjelasan berikut :

- Pada pengujian 1024 bits, *random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna biru, hasil pengujian *random early detection* pada parameter pengujian *global MAC delay* menunjukkan pergerakan grafik yang cenderung menurun, dimulai pada maksimum 30 paket *MAC delay* berada pada titik 0,126041501 detik, pada maksimum 40 paket *MAC*

delay berada pada titik 0,125753293 detik, dan terakhir pada 50 paket *MAC delay* berada pada titik 0,124980483 detik.

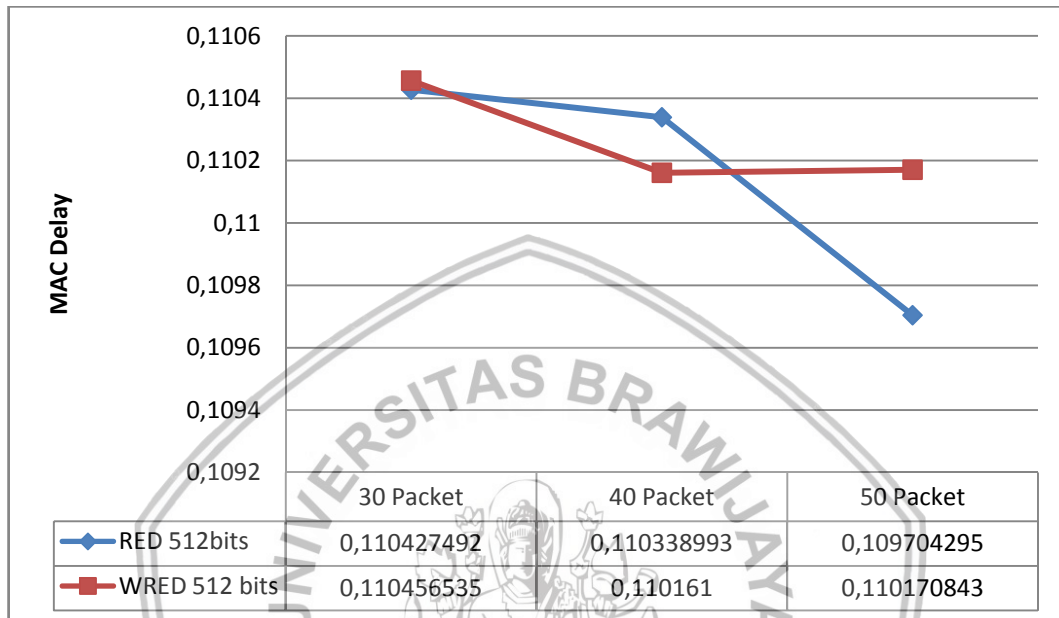
- *Weighedrandom early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna merah, hasil pengujian menunjukkan *weighedrandom early detection* pada parameter pengujian *global MAC delay* menunjukkan grafik yang cenderung fluktuatif, pada maksimum 30 paket *MAC delay* berada pada titik 0,12596666 detik, pada maksimum 40 paket *MAC delay* turun ke titik 0,125829793 detik, pada maksimum 50 paket *MAC delay* turun ke titik 0,1260597 detik.
- Berdasarkan hasil pengujian kedua manajemen antrian, penambahan maksimum mempengaruhi parameter *global MAC delay*. Disimpulkan dari mekanisme kedua manajemen antrian, bertambahnya nilai maksimum berarti semakin besar kemungkinan paket akan dilayani.
- Pada *random early detection*, *MAC delay* mengalami tren yang terus menurun dimana hal tersebut menandakan penambahan maksimum membuat *delay* pada jaringan secara *global* menjadi lebih optimal.
- Jika dibandingkan dengan *weighedrandom early detection*, pada maksimum 30 paket, nilai *MAC delay* WRED lebih rendah dari RED, namun saat maksimum diubah menjadi 40 paket nilai *MAC delay* WRED berada pada titik dimana *MAC delay* RED lebih rendah meskipun WRED mengalami penurunan nilai *MAC delay*, pada maksimum 50 paket nilai *MAC delay* WRED mengalami kenaikan dibanding 40 paket dan nilainya lebih tinggi daripada 50 RED. Meski kedua manajemen antrian memiliki mekanisme yang mirip, yaitu menyeleksi paket disaat melewati batas minimum *threshold*, RED lebih baik dalam merespon pertambahan jumlah maksimum yang juga berarti lebih baik dalam menyeleksi paket dalam jumlah banyak, hal ini dijelaskan karena RED saat menyeleksi paket yang akan didrop hanya memperhatikan potongan paket yang diterima, sedangkan WRED selain memperhatikan potongan paket juga perlu memperhatikan nilai prioritas yang terjadi pada paket yang datang. Perbedaan mekanisme ini menyebabkan aktifitas seleksi pada buffer WRED lebih sibuk disaat paket mengakses layer MAC pada kordinator.



Gambar5.1 Perbandingan MAC Delay 1024bits

- Pada pengujian 512 bits, *random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna biru, hasil pengujian *random early detection* pada parameter pengujian *global MAC delay* menunjukkan pergerakan grafik yang cenderung menurun, dimulai pada maksimum 30 paket *MAC delay* berada pada titik 0,110427492 detik, pada maksimum 40 paket *MAC delay* berada pada titik 0,110338993 detik, dan terakhir pada 50 paket *MAC delay* berada pada titik 0,109704295 detik
- *Weighed random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna merah, hasil pengujian menunjukkan *weighed random early detection* pada parameter pengujian *global MAC delay* menunjukkan grafik yang cenderung fluktuatif, pada maksimum 30 paket *MAC delay* berada pada titik 0,110456535 detik, pada maksimum 40 paket *MAC delay* turun ke titik 0,110161 detik, pada maksimum 50 paket *MAC delay* naik ke titik 0,110170843 detik
- Berdasarkan hasil pengujian kedua manajemen antrian, penambahan maksimum dan ukuran paket mempengaruhi parameter *global MAC delay* dan variasi ukuran paket menjadi 512 bits membuat jaringan bekerja lebih optimal.
- Jika dibandingkan dengan *weighed random early detection*, pada maksimum 30 paket, nilai *MAC delay* WRED hampir sama dengan RED, namun saat maksimum diubah menjadi 40 paket WRED lebih optimal untuk digunakan, hal ini disebabkan karena besar ukuran paket yang digunakan hanya sebesar 512 bits berbeda dengan pengujian sebelumnya yang penggunaan RED lebih optimal pada 40. Pada pengujian 50 paket, RED lebih optimal untuk digunakan, yang disimpulkan bahwa dalam penambahan maksimum manajemen antrian RED lebih baik dalam merespon perubahan daripada WRED. Hal ini dijelaskan karena saat

menyeleksi paket yang akan di drop RED hanya memperhatikan potongan paket yang diterima, sedangkan WRED selain memperhatikan potongan paket juga perlu memperhatikan nilai prioritas yang terjadi pada paket yang datang. Perbedaan mekanisme ini menyebabkan aktifitas seleksi pada buffer WRED lebih sibuk disaat paket mengakses layer MAC pada kordinator.



Gambar 5.2 Perbandingan MAC Delay 512bits

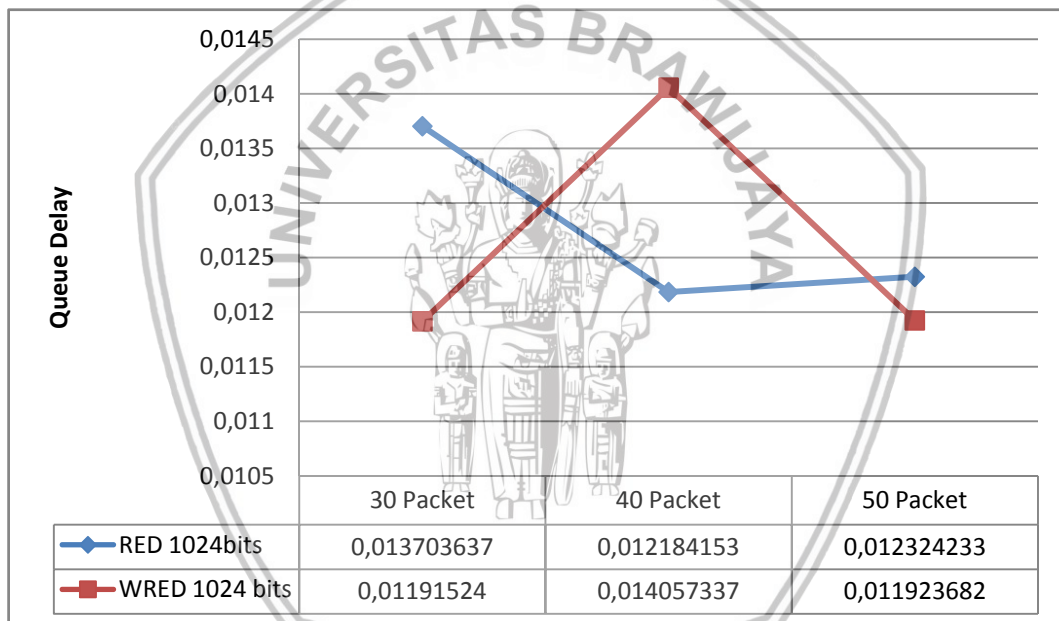
5.2.1.2 Analisis Hasil Pengujian Zigbee Coordinator Queue Delay

Perbandingan *coordinator queue delay* antara manajemen antrian *random early detection* dan *weighed random early detection* ditampilkan seperti pada grafik pada gambar dengan penjelasan sebagai berikut:

- Pada pengujian 1024 bits, *random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna biru, hasil pengujian *random early detection* pada parameter pengujian *coordinator queue delay* menunjukkan pergerakan grafik yang cenderung menurun, dimulai pada maksimum 30 paket *queue delay* berada pada titik 0,013703637 detik, pada maksimum 40 paket *queue delay* berada pada titik 0,012184153 detik, dan terakhir pada 50 paket *queue delay* berada pada titik 0,012324233 detik.
- *Weighed random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna merah, hasil pengujian menunjukkan *weighed random early detection* pada parameter pengujian *coordinator queue delay* menunjukkan grafik yang cenderung fluktuatif, pada maksimum 30 paket *queue delay* berada pada titik 0,01191524 detik, pada maksimum 40 paket *queue delay* naik ke titik 0,014057337 detik, pada maksimum 50 paket *queue delay* turun ke titik 0,011923682 detik.
- Berdasarkan hasil pengujian kedua manajemen antrian, penambahan maksimum mempengaruhi parameter *coordinator queue delay*.

Disimpulkan dari mekanisme kedua manajemen antrian, bertambahnya nilai maksimum berarti semakin besar kemungkinan paket akan dilayani.

- Jika dibandingkan dengan nilai RED, pada maksimum 30 paket WRED lebih optimal pada parameter *coordinator queue delay*, namun saat ditambah menjadi 40 paket RED dan WRED berbanding terbalik, dan pada 50 didapatkan bahwa WRED lebih optimal dibanding RED. Hal ini menjelaskan bahwa pada RED saat maksimum bertambah, paket-paket yang mengantri kemungkinan di dropnya semakin tinggi karena pada bab perancangan kemungkinan paket RED masuk ke buffer adalah sebesar 1/10 berbeda dengan WRED dimana paket memiliki kemungkinan masuk ke buffer lebih besar dengan variasi sebanyak 1/10, 3/10 dan 5/10. Kesempatan paket masuk ke buffer tersebut menjelaskan alasan manajemen antrian WRED lebih baik dalam dalam QoS *queue delay* di kordinator.

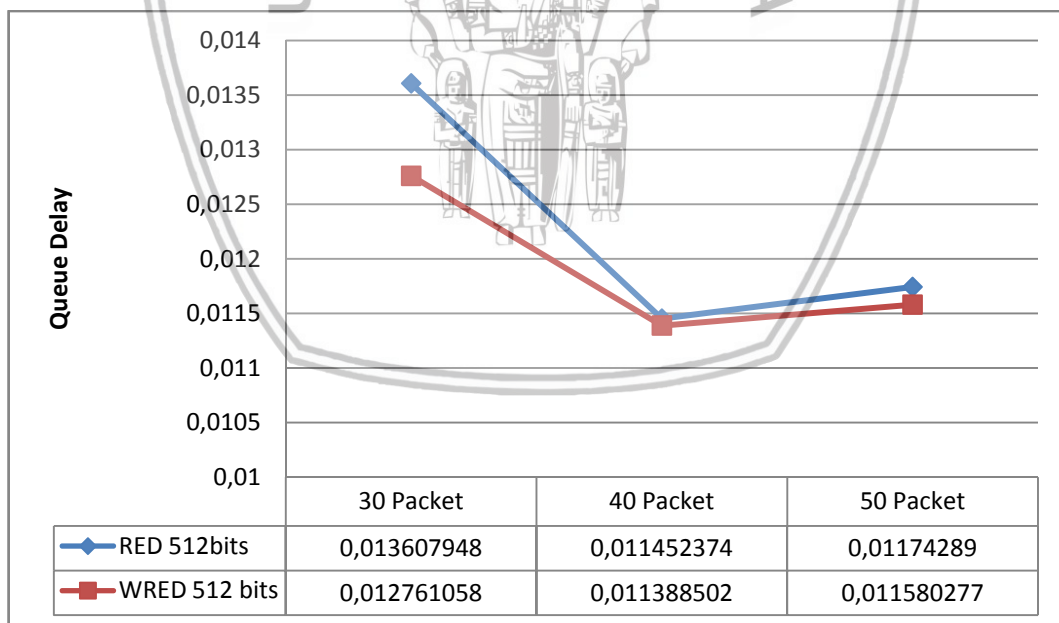


Gambar 5.3 Perbandingan *Queue Delay* 1024bits

- Pada pengujian 512 bits, *random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna biru, hasil pengujian *random early detection* pada parameter pengujian *coordinator queue delay* menunjukkan pergerakan grafik yang cenderung menurun, dimulai pada maksimum *threshold* 30 paket *queue delay* berada pada titik 0,013607948 detik, pada maksimum *threshold* 40 paket *queue delay* berada pada titik 0,011452374 detik, dan terakhir pada *threshold* 50 paket *queue delay* berada pada titik 0,01174289 detik
- *Weighedrandom early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna merah, hasil pengujian menunjukkan *weighedrandom early detection* pada parameter pengujian *coordinator queue delay* menunjukkan grafik yang cenderung menurun, pada maksimum

*threshold*30 paket *queue delay* berada pada titik 0,012761058 detik, pada maksimum *threshold* 40 paket *queue delay* turun ke titik 0,011388502 detik, pada maksimum *threshold* 50 paket *queue delay* naik ke titik 0,011580277 detik.

- Berdasarkan hasil pengujian kedua manajemen antrian, penambahan maksimum *threshold* mempengaruhi parameter *coordinator queue delay*. Disimpulkan dari mekanisme kedua manajemen antrian, bertambahnya nilai maksimum *threshold* berarti semakin besar kemungkinan paket akan dilayani.
- Jika dibandingkan dengan nilai RED, pada maksimum *threshold* 30 paket WRED lebih optimal pada parameter *coordinator queue delay*, pada *threshold* 40 dan 50 paket tren menjadi lebih optimal pada *queue delay* dialami kedua manajemen antriannamun WRED lebih baik dalam parameter *queue delay* dibandingkan RED. Hal ini menjelaskan bahwa pada RED saat maksimum *threshold* bertambah, paket-paket yang mengantri kemungkinan di dropnya semakin tinggi karena pada bab perancangan kemungkinan paket RED masuk ke buffer adalah sebesar 1/10 berbeda dengan WRED dimana paket memiliki kemungkinan masuk ke buffer lebih besar dengan variasi sebanyak 1/10, 3/10 dan 5/10. Kesempatan paket masuk ke buffer tersebut menjelaskan alasan manajemen antrianWRED lebih baik dalam dalam QoS *queue delay* di kordinator.

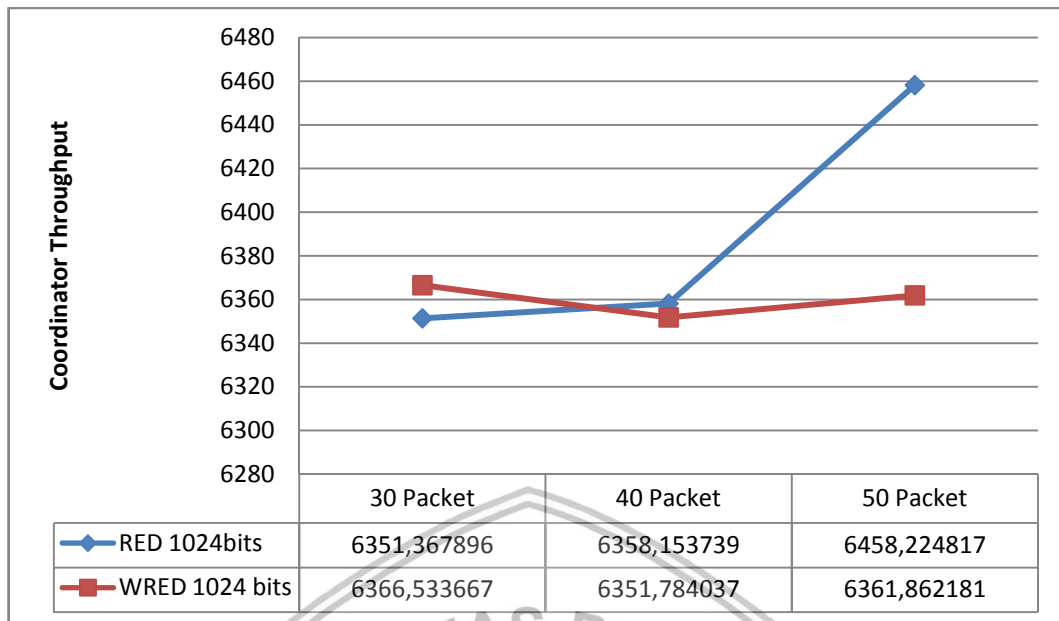


Gambar 5.4 Perbandingan Queue Delay 512bits

5.2.1.3 Analisis Hasil PengujianZigbee Coordinator MAC Throughput

Perbandingan *coordinator throughput* antara manajemen antrian*random early detection* dan *weighed random early detection* ditampilkan seperti pada grafik pada gambar dengan penjelasan sebagai berikut:

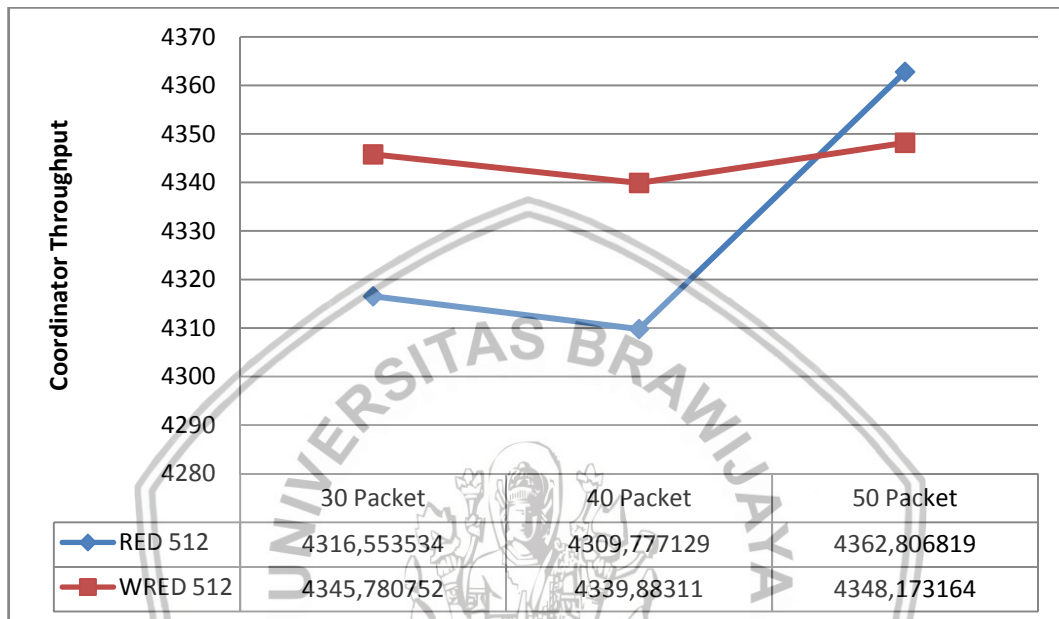
- Pada pengujian 1024 bits, *random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna biru, hasil pengujian *random early detection* pada parameter pengujian *coordinator throughput* menunjukkan pergerakan grafik yang cenderung naik, dimulai pada maksimum *threshold* 30 paket *throughput* berada pada titik 6351,367896 bps, pada maksimum *threshold* 40 paket *throughput* berada pada titik 6358,153739 bps, dan terakhir pada *threshold* 50 paket *throughput* berada pada titik 6458,224817bps.
- *Weighedrandom early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna merah, hasil pengujian menunjukkan *weighedrandom early detection* pada parameter pengujian *coordinator queue delay* menunjukkan grafik yang cenderung stabil, pada maksimum *threshold* 30 paket *throughput* berada pada titik 6366,533667 bps, pada maksimum *threshold* 40 paket *throughput* turun ke titik 6351,784037 bps, pada maksimum *threshold* 50 paket *throughput* turun ke titik 6361,862181.
- Berdasarkan hasil pengujian kedua manajemen antrian, penambahan maksimum *threshold* mempengaruhi parameter *coordinator throughput*. Disimpulkan dari mekanisme kedua manajemen antrian, bertambahnya nilai maksimum *threshold* berarti semakin besar kemungkinan paket akan dilayani.
- Dari hasil pengujian kedua manajemen antrian, jika dibandingkan pada maksimum *threshold* 30 WRED lebih optimal daripada RED, saat *threshold* ditambahkan ke 40 dan 50 RED lebih optimal. Meski kedua manajemen antrian memiliki mekanisme yang mirip, yaitu menyeleksi paket disaat melewati batas minimum *threshold*, RED lebih baik dalam merespon pertambahan jumlah maksimum *threshold* yang juga berarti lebih baik dalam menyeleksi paket dalam jumlah banyak, hal ini dijelaskan karena RED saat menyeleksi paket yang akan di drop hanya memperhatikan potongan paket yang diterima, sedangkan WRED selain memperhatikan potongan paket juga perlu memperhatikan nilai prioritas yang terjadi pada paket yang datang. Perbedaan mekanisme ini menyebabkan aktifitas seleksi pada buffer WRED lebih sibuk disaat paket mengakses layer MAC pada kordinator.



Gambar 5.5 Perbandingan Throughput 1024bits

- Pada pengujian 512 bits, *random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna biru, hasil pengujian *random early detection* pada parameter pengujian *coordinator throughput* menunjukkan pergerakan grafik yang cenderung naik, dimulai pada maksimum *threshold* 30 paket *throughput* berada pada titik 4316,553534 bps, pada maksimum *threshold* 40 paket *throughput* berada pada titik 4309,777129 bps, dan terakhir pada *threshold* 50 paket *throughput* berada pada titik 4362,806819bps.
- *Weighed random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna merah, hasil pengujian menunjukkan *weighed random early detection* pada parameter pengujian *coordinator queue delay* menunjukkan grafik yang cenderung stabil, pada maksimum *threshold* 30 paket *throughput* berada pada titik 4345,780752 bps, pada maksimum *threshold* 40 paket *throughput* turun ke titik 4339,88311 bps, pada maksimum *threshold* 50 paket *throughput* naik ke titik 4348,173164 bps.
- Berdasarkan hasil pengujian kedua manajemen antrian, penambahan maksimum *threshold* mempengaruhi parameter *coordinator throughput*. Disimpulkan dari mekanisme kedua manajemen antrian, bertambahnya nilai maksimum *threshold* berarti semakin besar kemungkinan paket akan dilayani
- Dari hasil pengujian kedua manajemen antrian, jika dibandingkan pada maksimum *threshold* 30 dan 40 pada ukuran paket 512 bits menunjukkan bahwa lebih optimal penggunaan WRED, namun saat maksimum *threshold* ditambahkan ke 50 RED memiliki kinerja lebih baik. Meski kedua manajemen antrian memiliki mekanisme yang mirip, yaitu menyeleksi paket disaat melewati batas minimum *threshold*, RED lebih baik dalam merespon pertambahan jumlah maksimum *threshold* yang

juga berarti lebih baik dalam menyeleksi paket dalam jumlah banyak, hal ini dijelaskan karena RED saat menyeleksi paket yang akan di drop hanya memperhatikan potongan paket yang diterima, sedangkan WRED selain memperhatikan potongan paket juga perlu memperhatikan nilai prioritas yang terjadi pada paket yang datang. Perbedaan mekanisme ini menyebabkan aktifitas seleksi pada buffer WRED lebih sibuk disaat paket mengakses layer MAC pada kordinator.



Gambar 5.6 Perbandingan *Throughput* 512bits

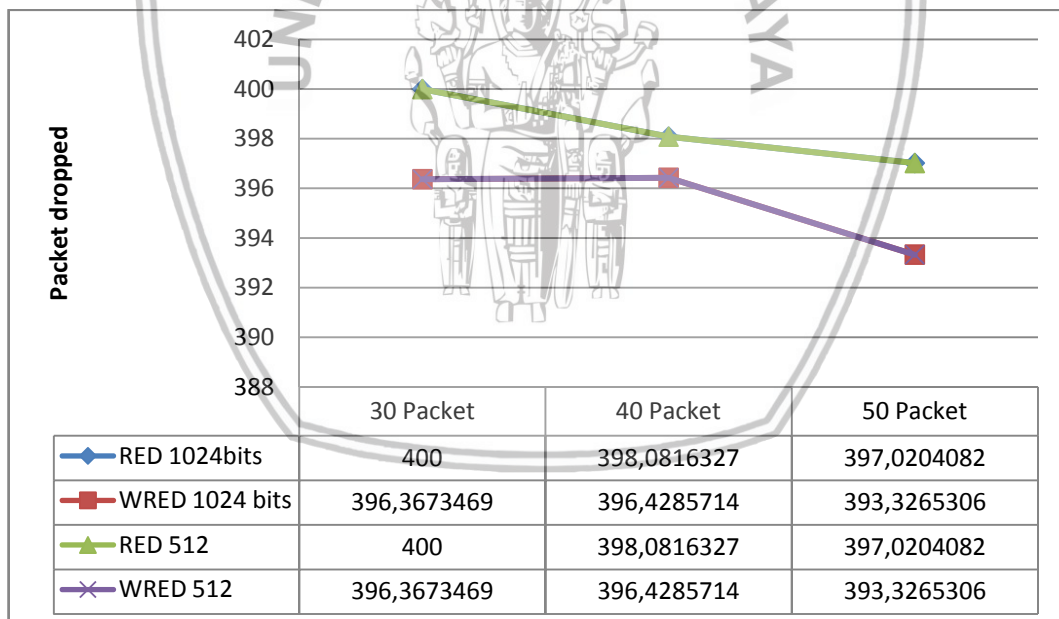
5.2.1.4 Analisis Hasil Pengujian Zigbee *Packet dropped*

Perbandingan *packet dropped* antara manajemen antrian *random early detection* dan *weighed random early detection* ditampilkan seperti pada grafik pada gambar dengan penjelasan sebagai berikut:

- Pada pengujian 512 dan 1024 bits, *random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna biru, hasil pengujian *random early detection* pada parameter pengujian *packet drop* menunjukkan pergerakan grafik yang cenderung turun, dimulai pada maksimum *threshold* 30 paket *throughput* berada pada titik 400 paket, pada maksimum *threshold* 40 paket *throughput* berada pada titik 398,0816327 paket, dan terakhir pada *threshold* 50 paket *throughput* berada pada titik 397,0204082 paket.
- Pada pengujian 512 dan 1024 bits, *weighed random early detection* pada grafik ditunjukkan dengan garis berwarna merah, hasil pengujian WRED pada parameter pengujian *packet drop* menunjukkan pergerakan grafik yang cenderung turun, dimulai pada maksimum *threshold* 30 paket *throughput* berada pada titik 396,3673469 paket, pada maksimum *threshold* 40 paket *throughput* berada pada titik 396,4285714 paket, dan

terakhir pada *threshold* 50 paket *throughput* berada pada titik 393,3265306 paket.

- Berdasarkan hasil pengujian kedua manajemen antrian, penambahan maksimum *threshold* mempengaruhi parameter *packet drop*. Disimpulkan dari mekanisme kedua manajemen antrian, bertambahnya nilai maksimum *threshold* berarti semakin besar kemungkinan paket akan dilayani namun variasi ukuran paket tidak mempengaruhi parameter *packet dropped*.
- Dari hasil pengujian kedua manajemen antrian, penambahan *threshold* juga menunjukkan bahwa paket yang didrop semakin berkurang hal ini menjelaskan bahwa *threshold* bertambah maka banyak paket yang dilayani pun bertambah, namun jika dilihat pada trennya RED lebih banyak mendrop paket daripada WRED, hal ini dijelaskan karena pada bab perancangan didefinisikan bahwa pada RED kemungkinan suatu paket dilayani konstan sebesar $\frac{1}{10}$, sedangkan pada WRED kemungkinannya menjadi $\frac{1}{10}$, $\frac{3}{10}$ dan $\frac{5}{10}$. Dengan demikian terdapat beberapa paket yang memiliki prioritas lebih tinggi yang berarti memiliki kesempatan dimasukkan ke antrian yang kemudian akan berpengaruh pada parameter *packet dropped*.



Gambar 5.7 Perbandingan *Packet Drop*

BAB 6 PENUTUP

Tahap kesimpulan digunakan untuk mengemukakan poin-poin penting hasil dari penelitian dan digunakan untuk menjawab bagian rumusan masalah yang didefinisikan pada bab satu. Tahap saran digunakan penulis untuk memberikan masukan untuk memperbaiki dan mengembangkan penelitian ini lebih lanjut

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan, keseluruhan penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penerapan manajemen antrian *random early detection* dan *weighed random early detection* pada Zigbee dengan parameter uji yang sama berhasil disimulasikan. Simulasi dimulai dengan membangun lingkungan simulasi menggunakan *Riverbed modeler academic edition*. Implementasi simulasi dimulai dengan membangun topologi digunakan, menentukan jenis routing, varian ukuran buffer, aliran data dan besar ukuran paket untuk merekayasa terjadinya *congestion*, dilanjutkan dengan pemasangan manajemen antrian pada kordinator, menentukan parameter QoS yang akan digunakan dan terakhir dengan menguji simulasi yang telah dirancang.
2. Berdasarkan sub-bab analisis, hasil yang diperoleh pada parameter *global MAC delay* kinerja RED lebih baik pada 512 dan 1024 bits dengan rata-rata 0,11015 detik dan 0,12559 detik dimana pada WRED rata-rata yang didapatkan senilai 0,11026 detik dan 0,12595. Pada parameter *queue delay* didapatkan hasil WRED lebih optimal pada 512 dan 1024 bits dengan rata-rata 0,11909 detik dan 0,012632 detik dimana pada RED didapatkan hasil rata-rata 0,01226 detik dan 0,01273 detik. Pada parameter throughput didapatkan hasil WRED lebih baik dalam menangani ukuran paket yang kecil 512 bits dengan rata-rata 4344,61 bps dimana RED mendapatkan rata-rata 4329,71 bps, sedangkan pada ukuran paket 1024 bits didapatkan bahwa penggunaan RED lebih optimal dengan rata-rata 6389,24 bps berbanding 6360,05 pada WRED. Pada parameter *packet drop*, WRED memiliki kinerja lebih baik dimana pada ukuran paket 512 dan 1024 rata-rata didapatkan paket yang didrop sebanyak 395,37 dan pada manajemen antrian RED didapatkan paket yang di drop sebanyak 397,86 paket.
3. Dari hasil perbandingan disimpulkan perbedaan mekanisme seleksi menyebabkan kinerja arsitektur yang berbeda, *tradeoff* penggunaan antrian WRED akan lebih optimal pada ukuran paket dan threshold yang kecil ditunjukkan parameter throughput yang lebih optimal 1.5% dibanding RED sedangkan penggunaan RED akan lebih optimal pada ukuran paket dan threshold yang besar yang ditunjukkan parameter throughput yang lebih optimal 0.6% dibanding WRED.

6.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan masih memiliki kekurangan, sehingga penulis memberikan saran untuk penelitian berikutnya sebagai berikut:

1. Menggunakan varian manajemen antrian, jenis node yang mobile, merk/produk lain dari LR-WPAN atau topologi baru untuk menghasilkan perbandingan yang lebih optimal.
2. Disarankan pengembangan lebih lanjut terhadap cara penanganan congestion pada paket dengan data rate rendah khususnya low rate WPAN.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Anbagi, I., Erol-Kantarci, M. dan Mouftah, H.T., 2013. Priority- and Delay-Aware Medium Access for Wireless Sensor Networks in the Smart Grid. *IEEE Systems Journal*, [daring] Early Acce, hal.1–11. Tersedia pada: <<http://ieeexplore.ieee.org/ielx7/4267003/4357939/06607219.pdf?tp=&arnumber=6607219&isnumber=4357939%5Cnhttp://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6607219&openAccess%3Dtrue%26queryText%3DWireless+Communications+for+Smart+Metering+for+El>>.
- Alkharasani, A.M., Othman, M., Abdullah, A. dan Lun, K.Y., 2017. An Improved Quality-of-Service Performance Using RED's Active Queue Management Flow Control in Classifying Networks. *IEEE Access*, 5, hal.24467–24478.
- Biddut, M.J.H., Arif, M.F.H. dan Islam, N., 2017. Queue management of RED enabled zigbee network based on packet size variations and distribution techniques. *ECCE 2017 - International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering*, hal.798–802.
- Burchfield, T.R., Venkatesan, S. dan Weiner, D., 2007. Maximizing Throughput in ZigBee Wireless Networks through Analysis, Simulations and Implementations. *Proc. Int. Workshop Localized Algor. Protocols WSNs*, [daring] hal.15–29. Tersedia pada: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.129.8350>>.
- Buzura, S., Dadarlat, V., Peculea, A., Iancu, B. dan Cebuc, E., 2013. Simulations framework for network congestion avoidance algorithms using the OMNeT++ IDE. In: *Proceedings - RoEQduNet IEEE International Conference*.
- Chen, J., X.J. Wu., P.Z. Wen., F. Ye. dan J.W. Liu., 2009. A New Distributed Range-Free Localization Algorithm for Wireless Networks. *2009 IEEE 70th Vehicular Technology Conference Fall*, [daring] hal.1–5. Tersedia pada: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5379080>>.
- Dong, W., Liu, Y., He, Y., Zhu, T. dan Chen, C., 2014. Measurement and analysis on the packet delivery performance in a large-scale sensor network. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 22(6), hal.1952–1963.
- Faith, F., 2013. *F8913D ZigBee Module TECHNICAL SPECIFICATION*. Tersedia pada: <<https://en.four-faith.com/uploadfile/2016/1018/20161018033029343.pdf>>.
- Jain, R., 1990. Congestion control in computer networks: Issues and trends. *IEEE Network*, 4(3), hal.24–30.
- Kaoutar, E., Mohammed, P.M. dan Bouchaib, P.N., 2014. Zigbee Routing Opnet Simulation for a Wireless Sensors Network. *Ijacsa*, [daring] 5(12), hal.151–154. Tersedia pada: <www.ijacsa.thesai.org>.
- Kim, T. dan Kim, D., 2016. Opportunistic Shortcut Tree Routing in ZigBee

- Networks. *IEEE Sensors Journal*, 16(12), hal.5107–5115.
- Kyoung-Ju, Noh Chang-Seok, B., 2007. A QoS RED Buffer Management Scheme of Intelligent Gateway Gadget based on a Wireless LAN. hal.286–291.
- Lee, H.C., 2012. A MAC Throughput in the Wireless LAN. *InTech*, [daring] hal.1–61. Tersedia pada: <<http://cdn.intechopen.com/pdfs/37350.pdf>>.
- Lim, L.B., Guan, L., Grigg, A., Phillips, I.W., Wang, X.G. dan Awan, I.U., 2010. RED and WRED performance analysis based on superposition of N MMBP arrival process. *Proceedings - International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA*, hal.66–73.
- Luknárová, D. dan Medvecký, M., 2010. Performance comparison of A-RIO , RB-nRED and WRED algorithms for QoS support. 1(2), hal.8–15.
- Luo, C., Wu, F., Sun, J. dan Chen, C.W., 2018. Adaptive compressive data gathering for wireless sensor networks. *2017 3rd IEEE International Conference on Computer and Communications, ICC3 2017*, 2018–Janua(May 2014), hal.362–367.
- Riverbed, 2014. Riverbed Modeler Academic Edition. [daring] ©2014 Riverbed Technology. Tersedia pada: <https://www.riverbed.com/document/fpo/9306_Riverbed_Modeler_DS_101314KC-2.pdf>.
- Sargun, Sobia Maan dan Shashi, R., 2015. Wireless Personal Area Networks Architecture and Protocols for Multimedia Applications. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, [daring] 4(1), hal.369–374. Tersedia pada: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570870510001460>>.
- Shi, G. dan Li, K., 2017. Signal Interference in WiFi and ZigBee Networks. [daring] hal.9–28. Tersedia pada: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-47806-7>>.
- Wadhwa, L.K., Deshpande, R.S. dan Priye, V., 2016. Extended shortcut tree routing for ZigBee based wireless sensor network. *Ad Hoc Networks*, [daring] 37, hal.295–300. Tersedia pada: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.adhoc.2015.08.025>>.
- Zheng, J. dan Lee, M.J., 2006. A comprehensive performance study of IEEE 802.15. 4. *Sensor network operations*, [daring] 4, hal.1–14. Tersedia pada: <http://www-ee.ccny.cuny.edu/zheng/papers/paper1_wpan_performance.pdf>.
- ZigBee, O., 2014. ZigBee Smart Energy Standard ZIGBEE SMART ENERGY. In: 07-5356–19 ed. [daring] ZigBee Alliance, hal.1–628. Tersedia pada: <<http://www.zigbee.org/wp-content/uploads/2014/11/docs-07-5356-19-Ozse-zigbee-smart-energy-profile-specification.pdf>>.